

PHILOSOPHIÆ NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA.

AUCTORE

ISAACO NEWTONO,

EQUITE AURATO.

EDITIO SECUNDA AUCTIOR ET EMENDATIOR.





CANTABRIGIÆ, MDCCXIII.

ILLUSTRISSIMÆ

SOCIETATI REGALI,

A

SERENISSIMO REGE

CAROLO II

AD PHILOSOPHIAM PROMOVENDAM

FUNDATÆ,

ET

AUSPICIIS

AUGUSTISSIMÆ REGINÆ

ANNÆ

FLORENTI,

TRACTATUM HUNC D. D. D.

IS. NEWTONUS.

IN

VIRI PRÆSTANTISSIMI

ISAACI NEWTONI

OPUS HOCCE

MATHEMATICO-PHYSICUM

Sæculi Gentiſque noſtræ Decus egregium.

EN tibi norma Poli, & divæ libramina Molis,
Computus en Jovis; & quas, dum primordia rerum
Conderet, omnipotens ſibi Leges ipſe Creator
Dixerit, atque operum quæ fundamenta locarit.
Intima panduntur victi penetralia Cæli,
Nec latet, extremos quæ Vis circumrotet Orbes.
Sol ſolio reſidens ad ſe jubet omnia prono
Tendere deſcenſu, nec recto tramite currus
Sidereos patitur vaſtum per inane moveri;
Sed rapit immotis, ſe centro, ſingula gyris.
Hinc patet, horrificis qua ſit via flexa Cometis:
Diſcimus hinc tandem, qua cauſa argentea Phœbe
Paſſibus haud æquis eat, & cur ſubdita nulli
Hactenus Aſtronomo numerorum fræna recuſet:
Cur remeent Nodi, curque Auges progrediantur.
Diſcimus, & quantis refluum vaga Cynthia Pontum
Viribus impellat; feſſis dum fluctibus ulvam
Deſerit, ac nautis ſuſpectas nudat arenas;
Alterniſve ruens ſpumantia littora pulſat.

Quæ toties animos veterum torſere Sophorum,
Quæque Scholas hodie rauco certamine vexant,
Obvia conſpicimus; nubem pellente Matheſi:
Quæ ſuperas penetrare domos, atque ardua Cæli,
NEWTONI auſpiciis, jam dat contingere Templa.
Surgite Mortales, terrenas mittite curas;
Atque hinc cæligenæ vires cognoſcite Mentis,
A pecudum vita longe longeque remotæ.
Qui ſcriptis primus Tabulis compeſcere Cædes,
Furta & Adulteria, & perjuræ crimina Fraudis;
Quive vagis populis circumdare mœnibus Urbes
Auctor erat; Cererisve beavit munere gentes;
Vel qui curarum lenimen preſſit ab Uva;
Vel qui Niliaca monſtravit arundine pictos
Conſociare ſonos, oculiſque exponere Voces;
Humanam ſortem minus extulit; utpote pauca
In commune ferens miſeræ ſolatia vitæ.
Jam vero Superis convivæ admittimur, alti
Jura poli tractare licet, jamque abdita diæ
Clauſtra patent Naturæ, & rerum immobilis ordo;
Et quæ præteritis latuere incognita ſæclis.
Talia monſtrantem juſtis celebrate Camænis,
Vos qui cæleſti gaudetis nectare veſci,
NEWTONUM clauſi reſerantem ſcrinia Veri,
NEWTONUM Muſis carum, cui pectore puro
Phœbus adeſt, totoque inceſſit Numine mentem:
Nec fas eſt propius Mortali attingere Divos.

EDM. HALLEY.

PRÆ-

AUCTORIS
PRÆFATIO
AD
LECTOREM.

CUM *Veteres* Mechanicam (*uti Auctor est* Pappus) *in rerum Naturalium investigatione maximi fecerint*; *& Recentiores, missis formis substantialibus & qualitatibus occultis, Phænomena Naturæ ad leges Mathematicas revocare aggressi sint: Visum est in hoc Tractatu* Mathesin *excolere, quatenus ea ad* Philosophiam *spectat.* Mechanicam *vero duplicem Veteres constituerunt*: Rationalem *quæ per Demonstrationes accurate procedit, &* Practicam. *Ad Practicam spectant Artes omnes Manuales, a quibus utique* Mechanica *nomen mutuata est. Cum autem Artifices parum accurate operari soleant, fit ut* Mechanica *omnis a* Geometria *ita distinguatur, ut quicquid accuratum sit ad* Geometriam *referatur, quicquid minus accuratum ad* Mechanicam. *Attamen errores non sunt Artis sed Artificum. Qui minus accurate operatur, imperfectior est Mechanicus, & si quis accuratissime operari posset, hic foret Mechanicus omnium perfectissimus. Nam & Linearum rectarum & Circulorum descriptiones in quibus* Geometria *fundatur, ad* Mechanicam *pertinent. Has lineas describere* Geometria *non docet sed postulat. Postulat enim ut Tyro easdem accurate describere prius didicerit quam limen attingat* Geometriæ; *dein, quomodo per has operationes Problemata solvantur, docet. Rectas & Circulos describere Problemata sunt,*

sed

sed non Geometrica. Ex Mechanica *postulatur horum solutio, in* Geometria *docetur solutorum usus. Ac gloriatur* Geometria *quod tam paucis principiis aliunde petitis tam multa præstet. Fundatur igitur* Geometria *in praxi Mechanica, & nihil aliud est quam* Mechanicæ universalis *pars illa quæ artem mensurandi accurate proponit ac demonstrat. Cum autem artes Manuales in corporibus movendis præcipue versentur, fit ut* Geometria *ad magnitudinem,* Mechanica *ad motum vulgo referatur. Quo sensu* Mechanica rationalis *erit Scientia Motuum qui ex viribus quibuscunque resultant, & Virium quæ ad motus quoscunque requiruntur, accurate proposita ac demonstrata. Pars hæc* Mechanicæ *a Veteribus in* Potentiis quinque *ad artes manuales spectantibus exculta fuit, qui Gravitatem (cum potentia manualis non sit) vix aliter quam in ponderibus per potentias illas movendis considerarunt. Nos autem non Artibus sed Philosophiæ consulentes, deque potentiis non manualibus sed naturalibus scribentes, ea maxime tractamus quæ ad Gravitatem, Levitatem, vim Elasticam, resistentiam Fluidorum & ejusmodi vires seu attractivas seu impulsivas spectant: Et ea propter, hæc nostra tanquam Philosophiæ principia Mathematica proponimus. Omnis enim Philosophiæ difficultas in eo versari videtur, ut a Phænomenis motuum investigemus vires Naturæ, deinde ab his viribus demonstremus phænomena reliqua. Et huc spectant Propositiones generales quas Libro primo & secundo pertractavimus. In Libro autem tertio Exemplum hujus rei proposuimus per explicationem Systematis mundani. Ibi enim, ex phænomenis cælestibus, per Propositiones in Libris prioribus Mathematice demonstratas, derivantur vires Gravitatis quibus corpora ad Solem & Planetas singulos tendunt. Deinde ex his viribus per Propositiones etiam Mathematicas, deducuntur motus Planetarum, Cometarum, Lunæ & Maris. Utinam cætera Naturæ phænomena ex principiis Mechanicis eodem argumentandi genere derivare liceret. Nam multa me movent ut nonnihil suspicer ea omnia*

nia

nia ex viribus quibusdam pendere posse, quibus corporum particulæ per causas nondum cognitas vel in se mutuo impelluntur & secundum figuras regulares cohærent, vel ab invicem fugantur & recedunt: quibus viribus ignotis, Philosophi hactenus Naturam frustra tentarunt. Spero autem quod vel huic Philosophandi modo, vel veriori alicui, Principia hic posita lucem aliquam præbebunt.

In his edendis, Vir acutissimus & in omni literarum genere eruditissimus Edmundus Halleius *operam navavit, nec solum Typothetarum Sphalmata correxit & Schemata incidi curavit, sed etiam Auctor fuit ut horum editionem aggrederer. Quippe cum demonstratam a me Figuram Orbium cælestium impetraverat, rogare non destitit ut eandem cum* Societate Regali *communicarem, Quæ deinde hortatibus & benignis suis auspiciis effecit ut de eadem in lucem emittenda cogitare inciperem. At postquam Motuum Lunarium inæqualitates aggressus essem, deinde etiam alia tentare cæpissem quæ ad leges & mensuras Gravitatis & aliarum virium, & Figuras a corporibus secundum datas quascunque leges attractis describendas, ad motus corporum plurium inter se, ad motus corporum in Mediis resistentibus, ad vires, densitates & motus Mediorum, ad Orbes Cometarum & similia spectant, editionem in aliud tempus differendam esse putavi, ut cætera rimarer & una in publicum darem. Quæ ad motus Lunares spectant, (imperfecta cum sint,) in Corollariis Propositionis* LXVI. *simul complexus sum, ne singula methodo prolixiore quam pro rei dignitate proponere, & sigillatim demonstrare tenerer, & seriem reliquarum Propositionum interrumpere. Nonnulla sero inventa locis minus idoneis inserere malui, quam numerum Propositionum & citationes mutare. Ut omnia candide legantur, & defectus, in materia tam difficili non tam reprehendantur, quam novis Lectorum conatibus investigentur, & benigne suppleantur, enixe rogo.*

Dabam *Cantabrigiæ*, e Collegio *S. Trinitatis*, Maii 8. 1686.

IS. NEWTON.

AUCTORIS PRÆFATIO.

IN hac Secunda Principiorum Editione, multa sparsim emendantur & nonnulla adjiciuntur. In Libri primi Sectione II, *Inventio virium quibus corpora in Orbibus datis revolvi possint, facilior redditur & amplior. In Libri secundi Sectione* VII, *Theoria resistentiæ Fluidorum accuratius investigatur & novis Experimentis confirmatur. In Libro tertio Theoria Lunæ & Præcessio Æquinoctiorum ex Principiis suis plenius deducuntur, & Theoria Cometarum pluribus & accuratius computatis Orbium exemplis confirmatur.*

Dabam *Londini*,
Mar. 28. 1713.

IS. NEWTON.

E D I-

EDITORIS
PRÆFATIO.

NEWTONIANÆ Philoſophiæ novam tibi, Lector benevole, diuque deſideratam Editionem, plurimum nunc emendatam atque auctiorem exhibemus. Quæ potiſſimum contineantur in hoc Opere celeberrimo, intelligere potes ex Indicibus adjectis: quæ vel addantur vel immutentur, ipſa te fere docebit Auctoris Præfatio. Reliquum eſt, ut adjiciantur nonnulla de Methodo hujus Philoſophiæ.

Qui Phyſicam tractandam ſuſceperunt, ad tres fere claſſes revocari poſſunt. Extiterunt enim, qui ſingulis rerum ſpeciebus Qualitates ſpecificas & occultas tribuerint; ex quibus deinde corporum ſingulorum operationes, ignota quadam ratione, pendere voluerunt. In hoc poſita eſt ſumma doctrinæ Scholaſticæ, ab *Ariſtotele* & Peripateticis derivatæ: Affirmant utique ſingulos Effectus ex corporum ſingularibus Naturis oriri; at unde ſint illæ Naturæ non docent; nihil itaque docent. Cumque toti ſint in rerum nominibus, non in ipſis rebus; Sermonem quendam Philoſophicum cenſendi ſunt adinveniſſe, Philoſophiam tradidiſſe non ſunt cenſendi.

Alii ergo melioris diligentiæ laudem conſequi ſperarunt, rejecta Vocabulorum inutili farragine. Statuerunt itaque Materiam univerſam homogeneam eſſe, omnem vero Formarum varietatem, quæ in corporibus cernitur, ex particularum componentium ſimpliciſſimis quibuſdam & intellectu facillimis affectionibus oriri. Et recte quidem progreſſio inſtituitur a ſimplicioribus ad magis compoſita, ſi particularum primariis illis affectionibus non alios tribuunt modos, quam quos ipſa tribuit Natura. Verum ubi licentiam ſibi aſſumunt, ponendi quaſcunque libet ignotas partium figuras & magnitudines, incertoſque ſitus & motus; quin & fingendi Fluida quædam occulta, quæ corporum poros liberrime permeent, omnipotente prædita ſubtilitate, motibuſque occultis agitata; jam ad ſomnia delabuntur, neglecta rerum conſtitutione vera: quæ ſane fruſtra petenda eſt ex fallacibus conjecturis, cum vix etiam per certiſſimas Obſervationes inveſtigari poſſit. Qui ſpeculationum

ſuarum fundamentum deſumunt ab Hypotheſibus, etiamſi deinde ſecundum leges Mechanicas accuratiſſime procedant; Fabulam quidem elegantem forte & venuſtam, Fabulam tamen concinnare dicendi ſunt.

Relinquitur adeo tertium genus, qui Philoſophiam ſcilicet Experimentalem profitentur. Hi quidem ex ſimpliciſſimis quibus poſſunt principiis rerum omnium cauſas derivandas eſſe volunt: nihil autem Principii loco aſſumunt, quod nondum ex Phænomenis comprobatum fuerit. Hypotheſes non comminiſcuntur, neque in Phyſicam recipiunt, niſi ut Quæſtiones de quarum veritate diſputetur. Duplici itaque Methodo incedunt, Analytica & Synthetica. Naturæ vires legeſque virium ſimpliciores ex ſelectis quibuſdam Phænomenis per Analyſin deducunt, ex quibus deinde per Syntheſin reliquorum conſtitutionem tradunt. Hæc illa eſt Philoſophandi ratio longe optima, quam præ ceteris merito amplectendam cenſuit Celeberrimus Auctor noſter. Hanc ſolam utique dignam judicavit, in qua excolenda atque adornanda operam ſuam collocaret. Hujus igitur illuſtriſſimum dedit Exemplum, Mundani nempe Syſtematis explicationem e Theoria Gravitatis feliciſſime deductam. Gravitatis virtutem univerſis corporibus ineſſe, ſuſpicati ſunt vel finxerunt alii: primus Ille & ſolus ex Apparentiis demonſtrare potuit, & ſpeculationibus egregiis firmiſſimum ponere fundamentum.

Scio equidem nonnullos magni etiam nominis Viros, præjudiciis quibuſdam plus æquo occupatos, huic novo Principio ægre aſſentiri potuiſſe, & certis incerta identidem prætuliſſe. Horum famam vellicare non eſt animus: Tibi potius, Benevole Lector, illa paucis exponere lubet, ex quibus Tute ipſe judicium non iniquum feras.

Igitur ut Argumenti ſumatur exordium a ſimpliciſſimis & proximis; deſpiciamus pauliſper qualis ſit in Terreſtribus natura Gravitatis, ut deinde tutius progrediamur ubi ad corpora Cæleſtia, longiſſime a ſedibus noſtris remota, perventum fuerit. Convenit jam inter omnes Philoſophos, corpora univerſa circumterreſtria gravitare in Terram. Nulla dari corpora vere levia, jamdudum confirmavit Experientia multiplex. Quæ dicitur Levitas relativa, non eſt vera Levitas, ſed apparens ſolummodo; & oritur a præpollente Gravitate corporum contiguorum.

Porro, ut corpora univerſa gravitant in Terram, ita Terra viciſſim in corpora æqualiter gravitat; Gravitatis enim actionem eſſe mutuam & utrinque æqualem, ſic oſtenditur. Diſtinguatur Terræ totius

totius moles in binas quascunque partes, vel æquales vel utcunque inæquales: jam si pondera partium non essent in se mutuo æqualia; cederet pondus minus majori, & partes conjunctæ pergerent recta moveri ad infinitum, versus plagam in quam tendit pondus majus: omnino contra Experientiam. Itaque dicendum erit, pondera partium in æquilibrio esse constituta: hoc est, Gravitatis actionem esse mutuam & utrinque æqualem.

Pondera corporum, æqualiter a centro Terræ distantium, sunt ut quantitates materiæ in corporibus. Hoc utique colligitur ex æquali acceleratione corporum omnium, e quiete per ponderum vires cadentium: nam vires quibus inæqualia corpora æqualiter accelerantur, debent esse proportionales quantitatibus materiæ movendæ. Jam vero corpora universa cadentia æqualiter accelerari, ex eo patet, quod in Vacuo *Boyliano* temporibus æqualibus æqualia spatia cadendo describunt, sublata scilicet Aeris resistentia: accuratius autem comprobatur per Experimenta Pendulorum.

Vires attractivæ corporum, in æqualibus distantiis, sunt ut quantitates materiæ in corporibus. Nam cum corpora in Terram & Terra vicissim in corpora momentis æqualibus gravitent; Terræ pondus in unumquodque corpus, seu vis qua corpus Terram attrahit, æquabitur ponderi corporis ejusdem in Terram. Hoc autem pondus erat ut quantitas materiæ in corpore: itaque vis qua corpus unumquodque Terram attrahit, sive corporis vis absoluta, erit ut eadem quantitas materiæ.

Oritur ergo & componitur vis attractiva corporum integrorum ex viribus attractivis partium: siquidem aucta vel diminuta mole materiæ, ostensum est, proportionaliter augeri vel diminui ejus virtutem. Actio itaque Telluris ex conjunctis partium Actionibus conflari censenda erit; atque adeo corpora omnia Terrestria se mutuo trahere oportet viribus absolutis, quæ sint in ratione materiæ trahentis. Hæc est natura Gravitatis apud Terram: videamus jam qualis sit in Cælis.

Corpus omne perseverare in statu suo vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare; Naturæ lex est ab omnibus recepta Philosophis. Inde vero sequitur, corpora quæ in Curvis moventur, atque adeo de lineis rectis Orbitas suas tangentibus jugiter abeunt, Vi aliqua perpetuo agente retineri in itinere curvilineo. Planetis igitur in Orbibus curvis revolventibus necessario aderit Vis aliqua, per cujus actiones repetitas indesinenter a Tangentibus deflectantur.

Jam

Jam illud concedi æquum est, quod Mathematicis rationibus colligitur & certissime demonstratur; Corpora nempe omnia, quæ moventur in linea aliqua curva in plano descripta, quæque radio ducto ad punctum vel quiescens vel utcunque motum describunt areas circa punctum illud temporibus proportionales, urgeri a Viribus quæ ad idem punctum tendunt. Cum igitur in confesso sit apud Astronomos, Planetas primarios circum Solem, secundarios vero circum suos primarios, areas describere temporibus proportionales; consequens est ut Vis illa, qua perpetuo detorquentur a Tangentibus rectilineis, & in Orbitis curvilineis revolvi coguntur, versus corpora dirigatur quæ sita sunt in Orbitarum centris. Hæc itaque Vis non inepte vocari potest, respectu quidem corporis revolventis, Centripeta; respectu autem corporis centralis, Attractiva; a quacunque demum causa oriri fingatur.

Quin & hæc quoque concedenda sunt, & Mathematice demonstrantur: Si corpora plura motu æquabili revolvantur in Circulis concentricis, & quadrata temporum periodicorum sint ut cubi distantiarum a centro communi; Vires centripetas revolventium fore reciproce ut quadrata distantiarum. Vel, si corpora revolvantur in Orbitis quæ sunt Circulis finitimæ, & quiescant Orbitarum Apsides; Vires centripetas revolventium fore reciproce ut quadrata distantiarum. Obtinere casum alterutrum in Planetis universis consentiunt Astronomi. Itaque Vires centripetæ Planetarum omnium sunt reciproce ut quadrata distantiarum ab Orbium centris. Si quis objiciat Planetarum, & Lunæ præsertim, Apsides non penitus quiescere; sed motu quodam lento ferri in consequentia: responderi potest, etiamsi concedamus hunc motum tardissimum exinde profectum esse quod Vis centripetæ proportio aberret aliquantum a duplicata, aberrationem illam per computum Mathematicum inveniri posse & plane insensibilem esse. Ipsa enim ratio Vis centripetæ Lunaris, quæ omnium maxime turbari debet, paululum quidem duplicatam superabit; ad hanc vero sexaginta fere vicibus propius accedet quam ad triplicatam. Sed verior erit responsio, si dicamus hanc Apsidum progressionem, non ex aberratione a duplicata proportione, sed ex alia prorsus diversa causa oriri, quemadmodum egregie commonstratur in hac Philosophia. Restat ergo ut Vires centripetæ, quibus Planetæ primarii tendunt versus Solem & secundarii versus primarios suos, sint accurate ut quadrata distantiarum reciproce.

Ex

Ex iis quæ hactenus dicta sunt, constat Planetas in Orbitis suis retineri per Vim aliquam in ipsos perpetuo agentem: constat Vim illam dirigi semper versus Orbitarum centra: constat hujus efficaciam augeri in accessu ad centrum, diminui in recessu ab eodem: & augeri quidem in eadem proportione qua diminuitur quadratum distantiæ, diminui in eadem proportione qua distantiæ quadratum augetur. Videamus jam, comparatione instituta inter Planetarum Vires centripetas & Vim Gravitatis, annon ejusdem forte sint generis. Ejusdem vero generis erunt, si deprehendantur hinc & inde leges eædem eædemque affectiones. Primo itaque Lunæ, quæ nobis proxima est, Vim centripetam expendamus.

Spatia rectilinea, quæ a corporibus e quiete demissis dato tempore sub ipso motus initio describuntur, ubi a viribus quibuscunque urgentur, proportionalia sunt ipsis viribus: Hoc utique consequitur ex ratiociniis Mathematicis. Erit igitur Vis centripeta Lunæ in Orbita sua revolventis, ad Vim Gravitatis in superficie Terræ, ut spatium quod tempore quam minimo describeret Luna descendendo per Vim centripetam versus Terram, si circulari omni motu privari fingeretur, ad spatium quod eodem tempore quam minimo describit grave corpus in vicinia Terræ, per Vim gravitatis suæ cadendo. Horum spatiorum prius æquale est arcus a Luna per idem tempus descripti sinui verso, quippe qui Lunæ translationem de Tangente, factam a Vi centripeta, metitur; atque adeo computari potest ex datis tum Lunæ tempore periodico tum distantia ejus a centro Terræ. Spatium posterius invenitur per Experimenta Pendulorum, quemadmodum docuit *Hugenius*. Inito itaque calculo, spatium prius ad spatium posterius, seu vis centripeta Lunæ in Orbita sua revolventis ad vim Gravitatis in superficie Terræ, erit ut quadratum semidiametri Terræ ad Orbitæ semidiametri quadratum. Eandem habet rationem, per ea quæ superius ostenduntur, vis centripeta Lunæ in Orbita sua revolventis ad vim Lunæ centripetam prope Terræ superficiem. Vis itaque centripeta prope Terræ superficiem æqualis est vi Gravitatis. Non ergo diversæ sunt vires, sed una atque eadem: si enim diversæ essent, corpora viribus conjunctis duplo celerius in Terram caderent quam ex vi sola Gravitatis. Constat igitur Vim illam centripetam, qua Luna perpetuo de Tangente vel trahitur vel impellitur & in Orbita retinetur, ipsam esse vim Gravitatis terrestris ad Lunam usque pertingentem. Et rationi quidem consentaneum est ut ad ingentes distantias illa sese Virtus extendat,

cum

cum nullam ejus sensibilem imminutionem, vel in altissimis montium cacuminibus, observare licet. Gravitat itaque Luna in Terram: quin & actione mutua, Terra vicissim in Lunam æqualiter gravitat: id quod abunde quidem confirmatur in hac Philosophia, ubi agitur de Maris æstu & Æquinoctiorum præcessione, ab actione tum Lunæ tum Solis in Terram oriundis. Hinc & illud tandem edocemur, qua nimirum lege vis Gravitatis decrescat in majoribus a Tellure distantiis. Nam cum Gravitas non diversa sit a Vi centripeta Lunari, hæc vero sit reciproce proportionalis quadrato distantiæ; diminuetur & Gravitas in eadem ratione.

Progrediamur jam ad Planetas reliquos. Quoniam revolutiones primariorum circa Solem & secundariorum circa Jovem & Saturnum sunt Phænomena generis ejusdem ac revolutio Lunæ circa Terram, quoniam porro demonstratum est vires centripetas primariorum dirigi versus centrum Solis, secundariorum versus centra Jovis & Saturni, quemadmodum Lunæ vis centripeta versus Terræ centrum dirigitur; adhæc, quoniam omnes illæ vires sunt reciproce ut quadrata distantiarum a centris, quemadmodum vis Lunæ est ut quadratum distantiæ a Terra: concludendum erit eandem esse naturam universis. Itaque ut Luna gravitat in Terram, & Terra vicissim in Lunam; sic etiam gravitabunt omnes secundarii in primarios suos, & primarii vicissim in secundarios; sic & omnes primarii in Solem, & Sol vicissim in primarios.

Igitur Sol in Planetas universos gravitat & universi in Solem. Nam secundarii dum primarios suos comitantur, revolvuntur interea circum Solem una cum primariis. Eodem itaque argumento, utriusque generis Planetæ gravitant in Solem, & Sol in ipsos. Secundarios vero Planetas in Solem gravitare abunde insuper constat ex inæqualitatibus Lunaribus; quarum accuratissimam Theoriam, admiranda sagacitate patefactam, in tertio hujus Operis libro expositam habemus.

Solis virtutem attractivam quoquoversum propagari ad ingentes usque distantias, & sese diffundere ad singulas circumjecti spatii partes, apertissime colligi potest ex motu Cometarum; qui ab immensis intervallis profecti feruntur in viciniam Solis, & nonnunquam adeo ad ipsum proxime accedunt ut Globum ejus, in Periheliis suis versantes, tantum non contingere videantur. Horum Theoriam ab Astronomis antehac frustra quæsitam, nostro tandem sæculo feliciter inventam & per Observationes certissime demonstratam, Præstantissimo nostro Auctori debemus. Patet

igitur

igitur Cometas in Sectionibus Conicis umbilicos in centro Solis habentibus moveri, & radiis ad Solem ductis areas temporibus proportionales describere. Ex hisce vero Phænomenis manifestum est & Mathematice comprobatur, vires illas, quibus Cometæ retinentur in orbitis suis, respicere Solem & esse reciproce ut quadrata distantiarum ab ipsius centro. Gravitant itaque Cometæ in Solem: atque adeo Solis vis attractiva non tantum ad corpora Planetarum in datis distantiis & in eodem fere plano collocata, sed etiam ad Cometas in diversissimis Cælorum regionibus & in diversissimis distantiis positos pertingit. Hæc igitur est natura corporum gravitantium, ut vires suas edant ad omnes distantias in omnia corpora gravitantia. Inde vero sequitur, Planetas & Cometas universos se mutuo trahere, & in se mutuo graves esse: quod etiam confirmatur ex perturbatione Jovis & Saturni, Astronomis non incognita, & ab actionibus horum Planetarum in se invicem oriunda; quin & ex motu illo lentissimo Apsidum, qui supra memoratus est, quique a causa consimili proficiscitur.

Eo demum pervenimus ut dicendum sit, & Terram & Solem & corpora omnia cælestia, quæ Solem comitantur, se mutuo attrahere. Singulorum ergo particulæ quæque minimæ vires suas attractivas habebunt, pro quantitate materiæ pollentes; quemadmodum supra de Terrestribus ostensum est. In diversis autem distantiis, erunt & harum vires in duplicata ratione distantiarum reciproce: nam ex particulis hac lege trahentibus componi debere Globos eadem lege trahentes, Mathematice demonstratur.

Conclusiones præcedentes huic innituntur Axiomati, quod a nullis non recipitur Philosophis; Effectuum scilicet ejusdem generis, quorum nempe quæ cognoscuntur proprietates eædem sunt, easdem esse causas & easdem esse proprietates quæ nondum cognoscuntur. Quis enim dubitat, si Gravitas sit causa descensus Lapidis in *Europa*, quin eadem sit causa descensus in *America*? Si Gravitas mutua fuerit inter Lapidem & Terram in *Europa*; quis negabit mutuam esse in *America*? Si vis attractiva Lapidis & Terræ componatur, in *Europa*, ex viribus attractivis partium; quis negabit similem esse compositionem in *America*? Si attractio Terræ ad omnia corporum genera & ad omnes distantias propagetur in *Europa*; quidni pariter propagari dicamus in *America*? In hac Regula fundatur omnis Philosophia: quippe qua sublata nihil affirmare possimus de Universis. Constitutio rerum singularum innotescit per Observationes & Experimenta: inde vero non

nisi per hanc Regulam de rerum universarum natura judicamus.

Jam cum Gravia sint omnia corpora, quæ apud Terram vel in Cælis reperiuntur, de quibus Experimenta vel Observationes instituere licet; omnino dicendum erit, Gravitatem corporibus universis competere. Et quemadmodum nulla concipi debent corpora, quæ non sint Extensa, Mobilia, & Impenetrabilia; ita nulla concipi debere, quæ non sint Gravia. Corporum Extensio, Mobilitas, & Impenetrabilitas non nisi per Experimenta innotescunt: eodem plane modo Gravitas innotescit. Corpora omnia de quibus Observationes habemus, Extensa sunt & Mobilia & Impenetrabilia: & inde concludimus corpora universa, etiam illa de quibus Observationes non habemus, Extensa esse & Mobilia & Impenetrabilia. Ita corpora omnia sunt Gravia, de quibus Observationes habemus: & inde concludimus corpora universa, etiam illa de quibus Observationes non habemus, Gravia esse. Si quis dicat corpora Stellarum inerrantium non esse Gravia, quandoquidem eorum Gravitas nondum est observata; eodem argumento dicere licebit neque Extensa esse, nec Mobilia, nec Impenetrabilia, cum hæ Fixarum affectiones nondum sint observatæ. Quid opus est verbis? Inter primarias qualitates corporum universorum vel Gravitas habebit locum; vel Extensio, Mobilitas, & Impenetrabilitas non habebunt. Et natura rerum vel recte explicabitur per corporum Gravitatem, vel non recte explicabitur per corporum Extensionem, Mobilitatem, & Impenetrabilitatem.

Audio nonnullos hanc improbare conclusionem, & de occultis qualitatibus nescio quid mussitare. Gravitatem scilicet Occultum esse quid, perpetuo argutari solent; occultas vero causas procul esse ablegandas a Philosophia. His autem facile respondetur; occultas esse causas, non illas quidem quarum existentia per Observationes clarissime demonstratur, sed has solum quarum occulta est & ficta existentia nondum vero comprobata. Gravitas ergo non erit occulta causa motuum cælestium; siquidem ex Phænomenis ostensum est, hanc virtutem revera existere. Hi potius ad occultas confugiunt causas; qui nescio quos Vortices, materiæ cujusdam prorsus fictitiæ & sensibus omnino ignotæ, motibus iisdem regendis præficiunt.

Ideone autem Gravitas occulta causa dicetur, eoque nomine rejicietur e Philosophia, quod causa ipsius Gravitatis occulta est & nondum inventa? Qui sic statuunt, videant nequid statuant

ant

ant absurdi, unde totius tandem Philosophiæ fundamenta convellantur. Etenim causæ continuo nexu procedere solent a compositis ad simpliciora: ubi ad causam simplicissimam perveneris, jam non licebit ulterius progredi. Causæ igitur simplicissimæ nulla dari potest mechanica explicatio: si daretur enim, causa nondum esset simplicissima. Has tu proinde causas simplicissimas appellabis occultas, & exulare jubebis? simul vero exulabunt & ab his proxime pendentes & quæ ab illis porro pendent, usque dum a causis omnibus vacua fuerit & probe purgata Philosophia.

Sunt qui Gravitatem præter naturam esse dicunt, & Miraculum perpetuum vocant. Itaque rejiciendam esse volunt, cum in Physica præternaturales causæ locum non habeant. Huic ineptæ prorsus objectioni diluendæ, quæ & ipsa Philosophiam subruit universam, vix operæ pretium est immorari. Vel enim Gravitatem corporibus omnibus inditam esse negabunt, quod tamen dici non potest: vel eo nomine præter naturam esse affirmabunt, quod ex aliis corporum affectionibus atque adeo ex causis Mechanicis originem non habeat. Dantur certe primariæ corporum affectiones; quæ, quoniam sunt primariæ, non pendent ab aliis. Viderint igitur annon & hæ omnes sint pariter præter naturam, eoque pariter rejiciendæ: viderint vero qualis sit deinde futura Philosophia.

Nonnulli sunt quibus hæc tota Physica cælestis vel ideo minus placet, quod cum *Cartesii* dogmatibus pugnare & vix conciliari posse videatur. His sua licebit opinione frui; ex æquo autem agant oportet: non ergo denegabunt aliis eandem libertatem quam sibi concedi postulant. NEWTONIANAM itaque Philosophiam, quæ nobis verior habetur, retinere & amplecti licebit, & causas sequi per Phænomena comprobatas, potius quam fictas & nondum comprobatas. Ad veram Philosophiam pertinet, rerum naturas ex causis vere existentibus derivare: eas vero leges quærere, quibus voluit Summus opifex hunc Mundi pulcherrimum ordinem stabilire; non eas quibus potuit, si ita visum fuisset. Rationi enim consonum est, ut a pluribus causis, ab invicem nonnihil diversis, idem possit Effectus proficisci: hæc autem vera erit causa, ex qua vere atque actu proficiscitur; reliquæ locum non habent in Philosophia vera. In Horologiis automatis idem Indicis horarii motus vel ab appenso Pondere vel ab intus concluso Elatere oriri potest. Quod si oblatum Horologium revera sit instructum Pondere;

 ridebitur

ridebitur qui finget Elaterem, & ex Hypothesi sic præpropere confiĉta motum Indicis explicare suscipiet: oportuit enim internam Machinæ fabricam penitius perscrutari, ut ita motus propositi principium verum exploratum habere posset. Idem vel non absimile feretur judicium de Philosophis illis, qui materia quadam subtilissima Cælos esse repletos, hanc autem in Vortices indefinenter agi voluerunt. Nam si Phænomenis vel accuratissime satisfacere possent ex Hypothesibus suis; veram tamen Philosophiam tradidisse, & veras causas motuum cælestium invenisse nondum dicendi sunt; nisi vel has revera existere, vel saltem alias non existere demonstraverint. Igitur si ostensum fuerit, universorum corporum Attractionem habere verum locum in rerum natura; quinetiam ostensum fuerit, qua ratione motus omnes cælestes abinde solutionem recipiant; vana fuerit & merito deridenda objectio, si quis dixerit eosdem motus per Vortices explicari debere, etiamsi id fieri posse vel maxime concesserimus. Non autem concedimus: Nequeunt enim ullo pacto Phænomena per Vortices explicari; quod ab Auctore nostro abunde quidem & clarissimis rationibus evincitur; ut somniis plus æquo indulgeant oporteat, qui ineptissimo figmento resarciendo, novisque porro commentis ornando infelicem operam addicunt.

Si corpora Planetarum & Cometarum circa Solem deferantur a Vorticibus; oportet corpora delata & Vorticum partes proxime ambientes eadem velocitate eademque cursus determinatione moveri, & eandem habere densitatem vel eandem Vim inertiæ pro mole materiæ. Constat vero Planetas & Cometas, dum versantur in iisdem regionibus Cælorum, velocitatibus variis variaque cursus determinatione moveri. Necessario itaque sequitur, ut Fluidi cælestis partes illæ, quæ sunt ad easdem distantias a Sole, revolvantur eodem tempore in plagas diversas cum diversis velocitatibus: etenim alia opus erit directione & velocitate, ut transire possint Planetæ; alia, ut transire possint Cometæ. Quod cum explicari nequeat; vel fatendum erit, universa corpora cælestia non deferri a materia Vorticis; vel dicendum erit, eorundem motus repetendos esse non ab uno eodemque Vortice, sed a pluribus qui ab invicem diversi sint, idemque spatium Soli circumjectum pervadant.

Si plures Vortices in eodem spatio contineri, & sese mutuo penetrare, motibusque diversis revolvi ponantur; quoniam hi motus debent esse conformes delatorum corporum motibus, qui

sunt

sunt summe regulares, & peraguntur in Sectionibus Conicis, nunc valde eccentricis, nunc ad Circulorum proxime formam accedentibus; jure quærendum erit, qui fieri possit, ut iidem integri conserventur, nec ab actionibus materiæ occursantis per tot sæcula quicquam perturbentur. Sane si motus hi fictitii sunt magis compositi & difficilius explicantur, quam veri illi motus Planetarum & Cometarum; frustra mihi videntur in Philosophiam recipi: omnis enim Causa debet esse Effectu suo simplicior. Concessa Fabularum licentia, affirmaverit aliquis Planetas omnes & Cometas circumcingi Atmosphæris, adinstar Telluris nostræ; quæ quidem Hypothesis rationi magis consentanea videbitur quam Hypothesis Vorticum. Affirmaverit deinde has Atmosphæras, ex natura sua, circa Solem moveri & Sectiones Conicas describere; qui sane motus multo facilius concipi potest, quam consimilis motus Vorticum se invicem permeantium. Denique Planetas ipsos & Cometas circa Solem deferri ab Atmosphæris suis credendum esse statuat, & ob repertas motuum cælestium causas triumphum agat. Quisquis autem hanc Fabulam rejiciendam esse putet, idem & alteram Fabulam rejiciet: nam ovum non est ovo similius, quam Hypothesis Atmosphærarum Hypothesi Vorticum.

Docuit *Galileus*, lapidis projecti & in Parabola moti deflexionem a cursu rectilineo oriri a Gravitate lapidis in Terram, ab occulta scilicet qualitate. Fieri tamen potest ut alius aliquis, nasi acutioris, Philosophus causam aliam comminiscatur. Finget igitur ille materiam quandam subtilem, quæ nec visu, nec tactu, neque ullo sensu percipitur, versari in regionibus quæ proxime contingunt Telluris superficiem. Hanc autem materiam, in diversas plagas, variis & plerumque contrariis motibus ferri, & lineas Parabolicas describere contendet. Deinde vero lapidis deflexionem pulchre sic expediet, & vulgi plausum merebitur. Lapis, inquiet, in Fluido illo subtili natat; & cursui ejus obsequendo, non potest non eandem una semitam describere. Fluidum vero movetur in lineis Parabolicis; ergo lapidem in Parabola moveri necesse est. Quis nunc non mirabitur acutissimum hujusce Philosophi ingenium, ex causis Mechanicis, materia scilicet & motu, phænomena Naturæ ad vulgi etiam captum præclare deducentis? Quis vero non subsannabit bonum illum *Galilæum*, qui magno molimine Mathematico qualitates occultas, e Philosophia feliciter exclusas, denuo revocare sustinuerit? Sed pudet nugis diutius immorari.

Sum-

Summa rei huc tandem redit: Cometarum ingens est numerus; motus eorum sunt summe regulares, & easdem leges cum Planetarum motibus observant. Moventur in Orbibus Conicis, hi orbes sunt valde admodum eccentrici. Feruntur undique in omnes Cælorum partes, & Planetarum regiones liberrime pertranseunt, & sæpe contra Signorum ordinem incedunt. Hæc Phænomena certissime confirmantur ex Observationibus Astronomicis: & per Vortices nequeunt explicari: Imo, ne quidem cum Vorticibus Planetarum consistere possunt. Cometarum motibus omnino locus non erit; nisi materia illa fictitia penitus e Cælis amoveatur.

Si enim Planetæ circum Solem a Vorticibus devehuntur; Vorticum partes, quæ proxime ambiunt unumquemque Planetam, ejusdem densitatis erunt ac Planeta; uti supra dictum est. Itaque materia illa omnis quæ contigua est Orbis magni perimetro, parem habebit ac Tellus densitatem: quæ vero jacet intra Orbem magnum atque Orbem Saturni, vel parem vel majorem habebit. Nam ut constitutio Vorticis permanere possit, debent partes minus densæ centrum occupare, magis densæ longius a centro abire. Cum enim Planetarum tempora periodica sint in ratione sesquiplicata distantiarum a Sole, oportet partium Vorticis periodos eandem rationem servare. Inde vero sequitur, vires centrifugas harum partium fore reciproce ut quadrata distantiarum. Quæ igitur majore intervallo distant a centro, nituntur ab eodem recedere minore vi: unde si minus densæ fuerint, necesse est ut cedant vi majori, qua partes centro propiores ascendere conantur. Ascendent ergo densiores, descendent minus densæ, & locorum fiet invicem permutatio; donec ita fuerit disposita atque ordinata materia fluida totius Vorticis, ut conquiescere jam possit in æquilibrio constituta. Si bina Fluida, quorum diversa est densitas, in eodem vase continentur; utique futurum est ut Fluidum, cujus major est densitas, majore vi Gravitatis infimum petat locum: & ratione non absimili omnino dicendum est, densiores Vorticis partes majore vi centrifuga petere supremum locum. Tota igitur illa & multo maxima pars Vorticis, quæ jacet extra Telluris orbem, densitatem habebit atque adeo vim inertiæ pro mole materiæ, quæ non minor erit quam densitas & vis inertiæ Telluris: inde vero Cometis trajectis orietur ingens resistentia, & valde admodum sensibilis; ne dicam, quæ motum eorundem penitus sistere atque absorbere posse merito videatur. Constat autem ex motu Cometarum

metarum prorſus regulari, nullam ipſos reſiſtentiam pati quæ vel minimum ſentiri poteſt; atque adeo neutiquam in materiam ullam incurſare, cujus aliqua ſit vis reſiſtendi, vel proinde cujus aliqua ſit denſitas ſeu vis Inertiæ. Nam reſiſtentia Mediorum oritur vel ab inertia materiæ fluidæ, vel a defectu lubricitatis. Quæ oritur a defectu lubricitatis, admodum exigua eſt; & ſane vix obſervari poteſt in Fluidis vulgo notis, niſi valde tenacia fuerint adinſtar Olei & Mellis. Reſiſtentia quæ ſentitur in Aere, Aqua, Hydrargyro, & hujuſmodi Fluidis non tenacibus fere tota eſt prioris generis; & minui non poteſt per ulteriorem quemcunque gradum ſubtilitatis, manente Fluidi denſitate vel vi inertiæ, cui ſemper proportionalis eſt hæc reſiſtentia; quemadmodum clariſſime demonſtratum eſt ab Auctore noſtro in peregregia Reſiſtentiarum Theoria, quæ paulo nunc accuratius exponitur, hac ſecunda vice, & per Experimenta corporum cadentium plenius confirmatur.

Corpora progrediendo motum ſuum Fluido ambienti paulatim communicant, & communicando amittunt, amittendo autem retardantur. Eſt itaque retardatio motui communicato proportionalis; motus vero communicatus, ubi datur corporis progredientis velocitas, eſt ut Fluidi denſitas; ergo retardatio ſeu reſiſtentia erit ut eadem Fluidi denſitas; neque ullo pacto tolli poteſt, niſi a Fluido ad partes corporis poſticas recurrente reſtituatur motus amiſſus. Hoc autem dici non poterit, niſi impreſſio Fluidi in corpus ad partes poſticas æqualis fuerit impreſſioni corporis in Fluidum ad partes anticas, hoc eſt, niſi velocitas relativa qua Fluidum irruit in corpus a tergo, æqualis fuerit velocitati qua corpus irruit in Fluidum, id eſt, niſi velocitas abſoluta Fluidi recurrentis duplo major fuerit quam velocitas abſoluta Fluidi propulſi; quod fieri nequit. Nullo igitur modo tolli poteſt Fluidorum reſiſtentia, quæ oritur ab eorundem denſitate & vi inertiæ. Itaque concludendum erit; Fluidi cæleſtis nullam eſſe vim inertiæ, cum nulla ſit vis reſiſtendi: nullam eſſe vim qua motus communicetur, cum nulla ſit vis inertiæ: nullam eſſe vim qua mutatio quælibet vel corporibus ſingulis vel pluribus inducatur, cum nulla ſit vis qua motus communicetur: nullam eſſe omnino efficaciam, cum nulla ſit facultas mutationem quamlibet inducendi. Quidni ergo hanc Hypotheſin, quæ fundamento plane deſtituitur, quæque naturæ rerum explicandæ ne minimum quidem inſervit, ineptiſſimam vocare liceat & Philoſopho prorſus

sus indignam. Qui Cælos materia fluida repletos esse volunt, hanc vero non inertem esse statuunt; Hi verbis tollunt Vacuum, re ponunt. Nam cum hujusmodi materia fluida ratione nulla secerni possit ab inani Spatio; disputatio tota fit de rerum nominibus, non de naturis. Quod si aliqui sint adeo usque dediti Materiæ, ut Spatium a corporibus vacuum nullo pacto admittendum credere velint; videamus quo tandem oporteat illos pervenire.

Vel enim dicent hanc, quam confingunt, Mundi per omnia pleni constitutionem ex voluntate Dei profectam esse, propter eum finem, ut operationibus Naturæ subsidium præsens haberi posset ab Æthere subtilissimo cuncta permeante & implente; quod tamen dici non potest, siquidem jam ostensum est ex Cometarum phænomenis, nullam esse hujus Ætheris efficaciam: vel dicent ex voluntate Dei profectam esse, propter finem aliquem ignotum; quod neque dici debet, siquidem diversa Mundi constitutio eodem argumento pariter stabiliri posset: vel denique non dicent ex voluntate Dei profectam esse, sed ex necessitate quadam Naturæ. Tandem igitur delabi oportet in fæces sordidas Gregis impurissimi. Hi sunt qui somniant Fato universa regi, non Providentia; Materiam ex necessitate sua semper & ubique extitisse, infinitam esse & æternam. Quibus positis, erit etiam undiquaque uniformis: nam varietas formarum cum necessitate omnino pugnat. Erit etiam immota: nam si necessario moveatur in plagam aliquam determinatam, cum determinata aliqua velocitate; pari necessitate movebitur in plagam diversam cum diversa velocitate; in plagas autem diversas, cum diversis velocitatibus, moveri non potest; oportet igitur immotam esse. Neutiquam profecto potuit oriri Mundus, pulcherrima formarum & motuum varietate distinctus, nisi ex liberrima voluntate cuncta providentis & gubernantis Dei.

Ex hoc igitur fonte promanarunt illæ omnes quæ dicuntur Naturæ leges: in quibus multa sane sapientissimi consilii, nulla necessitatis apparent vestigia. Has proinde non ab incertis conjecturis petere, sed Observando atque Experiendo addiscere debemus. Qui veræ Physicæ principia Legesque rerum, sola mentis vi & interno rationis lumine fretum, invenire se posse confidit; hunc oportet vel statuere Mundum ex necessitate fuisse, Legesque propositas ex eadem necessitate sequi; vel si per voluntatem Dei constitutus sit ordo Naturæ, se tamen, homuncionem misellum,

misellum, quid optimum factu sit perspectum habere. Sana omnis & vera Philosophia fundatur in Phænomenis rerum: quæ si nos vel invitos & reluctantes ad hujusmodi principia deducunt, in quibus clarissime cernuntur Consilium optimum & Dominium summum sapientissimi & potentissimi Entis; non erunt hæc ideo non admittenda principia, quod quibusdam forsan hominibus minus grata sint futura. His vel Miracula vel Qualitates occultæ dicantur, quæ displicent: verum nomina malitiose indita non sunt ipsis rebus vitio vertenda; nisi illud fateri tandem velint, utique debere Philosophiam in Atheismo fundari. Horum hominum gratia non erit labefactanda Philosophia, siquidem rerum ordo non vult immutari.

Obtinebit igitur apud probos & æquos Judices præstantissima Philosophandi ratio, quæ fundatur in Experimentis & Observationibus. Huic vero, dici vix poterit, quanta lux accedat, quanta dignitas, ab hoc Opere præclaro Illustrissimi nostri Auctoris; cujus eximiam ingenii felicitatem, difficillima quæque Problemata enodantis, & ad ea porro pertingentis ad quæ nec spes erat humanam mentem assurgere potuisse, merito admirantur & suspiciunt quicunque paulo profundius in hisce rebus versati sunt. Claustris ergo reseratis, aditum Nobis aperuit ad pulcherrima rerum mysteria. Systematis Mundani compagem elegantissimam ita tandem patefecit & penitius perspectandam dedit; ut nec ipse, si nunc reviviscerct, Rex *Alphonsus* vel simplicitatem vel harmoniæ gratiam in ea desideraret. Itaque Naturæ majestatem propius jam licet intueri, & dulcissima contemplatione frui, Conditorem vero ac Dominum Universorum impensius colere & venerari, qui fructus est Philosophiæ multo uberrimus. Cæcum esse oportet, qui ex optimis & sapientissimis rerum structuris non statim videat Fabricatoris Omnipotentis infinitam sapientiam & bonitatem: insanum, qui profiteri nolit.

Extabit igitur Eximium NEWTONI Opus adversus Atheorum impetus munitissimum præsidium: neque enim alicunde felicius, quam ex hac pharetra, contra impiam Catervam tela deprompseris. Hoc sensit pridem, & in pereruditis Concionibus Anglice Latineque editis, primus egregie demonstravit Vir in omni Literarum genere præclarus idemque bonarum Artium fautor eximius RICHARDUS BENTLEIUS, Sæculi sui & Academiæ nostræ magnum Ornamentum, Collegii nostri *S. Trinitatis* Magister dignissimus & integerrimus. Huic ego me pluribus nominibus obstrictum fateri

 debeo:

debeo: Huic & Tuas quæ debentur gratias, Lector benevole, non denegabis. Is enim, cum a longo tempore Celeberrimi Auctoris amicitia intima frueretur, (qua etiam apud Posteros censeri non minoris æstimat, quam propriis Scriptis quæ literato orbi in deliciis sunt inclarescere) Amici simul famæ & scientiarum incremento consuluit. Itaque cum Exemplaria prioris Editionis rarissima admodum & immani pretio coemenda superessent; suasit Ille crebris efflagitationibus & tantum non objurgando perpulit denique Virum Præstantissimum, nec modestia minus quam eruditione summa Insignem, ut novam hanc Operis Editionem, per omnia elimatam denuo & egregiis insuper accessionibus ditatam, suis sumptibus & auspiciis prodire pateretur: Mihi vero, pro jure suo, pensum non ingratum demandavit, ut quam posset emendate id fieri curarem.

Cantabrigiæ,
Maii 12. 1713.

ROGERUS COTES Collegii *S. Trinitatis* Socius,
Astronomiæ & Philosophiæ Experimentalis
Professor *Plumianus*.

INDEX

INDEX CAPITUM
TOTIUS OPERIS.

SECT.

DE MOTU CORPORUM LIBER SECUNDUS.

DE MUNDI SYSTEMATE LIBER TERTIUS.

PHILO-

PHILOSOPHIÆ NATURALIS Principia MATHEMATICA.

DEFINITIONES.

DEFINITIO I.

Quantitas Materiæ est mensura ejusdem orta ex illius Densitate & Magnitudine conjunctim.

AER, densitate duplicata, in spatio etiam duplicato fit quadruplus; in triplicato sextuplus. Idem intellige de Nive & Pulveribus per compressionem vel liquefactionem condensatis. Et par est ratio corporum omnium, quæ per causas quascunque diversimode condensantur. Medii interea, si quod fuerit, interstitia partium libere pervadentis, hic nullam rationem habeo. Hanc autem Quantitatem sub nomine Corporis vel Massæ in sequentibus passim intelligo. Innotescit ea per corporis cujusque Pondus. Nam Ponderi proportionalem esse reperi per experimenta Pendulorum accuratissime instituta, uti posthac docebitur.

DEFINITIO II.

Quantitas Motus est mensura ejusdem orta ex Velocitate & Quantitate Materiæ conjunctim.

Motus totius est summa motuum in partibus singulis; adeoque in corpore duplo majore æquali cum velocitate duplus est, & dupla cum velocitate quadruplus.

DEFINI-
TIONES.

DEFINITIO III.

Materiæ Vis Insita est potentia resistendi, qua corpus unumquodque, quantum in se est, perseverat in statu suo vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum.

Hæc semper proportionalis est suo corpori, neque differt quicquam ab Inertia massæ, nisi in modo concipiendi. Per inertiam materiæ, fit ut corpus omne de statu suo vel quiescendi vel movendi difficulter deturbetur. Unde etiam vis insita nomine significantissimo Vis Inertiæ dici possit. Exercet vero corpus hanc vim solummodo in mutatione status sui per vim aliam in se impressam facta; estq; exercitium ejus sub diverso respectu & Resistentia & Impetus: resistentia, quatenus corpus ad conservandum statum suum reluctatur vi impressæ; impetus, quatenus corpus idem, vi resistentis obstaculi difficulter cedendo, conatur statum ejus mutare. Vulgus resistentiam quiescentibus & impetum moventibus tribuit: sed motus & quies, uti vulgo concipiuntur, respectu solo distinguuntur ab invicem; neq; semper vere quiescunt quæ vulgo tanquam quiescentia spectantur.

DEFINITIO IV.

Vis Impressa est actio in corpus exercita, ad mutandum ejus statum vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum.

Consistit hæc vis in actione sola, neque post actionem permanet in corpore. Perseverat enim corpus in statu omni novo per solam vim inertiæ. Est autem vis impressa diversarum originum, ut ex Ictu, ex Pressione, ex vi Centripeta.

DEFINITIO V.

Vis Centripeta est, qua corpora versus punctum aliquod tanquam ad Centrum undique trahuntur, impelluntur, vel utcunq; tendunt.

Hujus generis est Gravitas, qua corpora tendunt ad centrum terræ; Vis Magnetica, qua ferrum petit magnetem; & Vis illa, quæcunq; sit, qua Planetæ perpetuo retrahuntur a motibus rectilineis, & in lineis curvis revolvi coguntur. Lapis, in funda circum-

actus,

actus, a circumagente manu abire conatur; & conatu suo fundam distendit, eoq; fortius quo celerius revolvitur; &, quamprimum dimittitur, avolat. Vim conatui illi contrariam, qua funda lapidem in manum perpetuò retrahit & in orbe retinet, quoniam in manum ceu orbis centrum dirigitur, Centripetam appello. Et par est ratio corporum omnium, quæ in gyrum aguntur. Conantur ea omnia a centris orbium recedere; & nisi adsit vis aliqua conatui isti contraria, qua cohibeantur & in orbibus retineantur, quamque ideò Centripetam appello, abibunt in rectis lineis uniformi cum motu. Projectile, si vi Gravitatis destitueretur, non deflecteretur in terram, sed in linea recta abiret in cælos; idque uniformi cum motu, si modo aeris resistentia tolleretur. Per gravitatem suam retrahitur a cursu rectilineo & in terram perpetuo flectitur, idque magis vel minus pro gravitate sua & velocitate motus. Quo minor erit ejus gravitas vel major velocitas quacum projicitur, eo minus deviabit a cursu rectilineo & longius perget. Si Globus plumbeus, data cum velocitate secundum lineam horizontalem a montis alicujus vertice vi pulveris tormentarii projectus, pergeret in linea curva ad distantiam duorum milliarium, priusquam in terram decideret: hic dupla cum velocitate quasi duplo longius pergeret, & decupla cum velocitate quasi decuplo longius: si modo aeris resistentia tolleretur. Et augendo velocitatem augeri posset pro lubitu distantia in quam projiceretur, & minui curvatura lineæ quam describeret, ita ut tandem caderet ad distantiam graduum decem vel triginta vel nonaginta; vel etiam ut terram totam circuiret priusquam caderet; vel denique ut in terram nunquam caderet, sed in cælos abiret & motu abeundi pergeret in infinitum. Et eadem ratione, qua Projectile vi gravitatis in orbem flecti posset & terram totam circuire, potest & Luna vel vi gravitatis, si modo gravis sit, vel alia quacunque vi, qua in terram urgeatur, retrahi semper a cursu rectilineo terram versus, & in orbem suum flecti: & absque tali vi Luna in orbe suo retineri non potest. Hæc vis, si justo minor esset, non satis flecteret Lunam de cursu rectilineo: si justo major, plus satis flecteret, ac de orbe terram versus deduceret. Requiritur quippe, ut sit justæ magnitudinis: & Mathematicorum est invenire Vim, qua corpus in dato quovis orbe data cum velocitate accurate retineri possit; & vicissim invenire Viam curvilineam, in quam corpus e dato quovis loco data cum velocitate egressum a data vi flectatur. Est autem vis hujus centripetæ Quantitas trium generum, Absoluta, Acceleratrix, & Motrix.

DEFINITIONES.

DEFINITIO VI.

Vis centripetæ Quantitas Absoluta est mensura ejusdem major vel minor pro Efficacia causæ eam propagantis a centro per regiones in circuitu.

Ut vis Magnetica pro mole magnetis vel intensione virtutis major in uno magnete, minor in alio.

DEFINITIO VII.

Vis centripetæ Quantitas Acceleratrix est ipsius mensura Velocitati proportionalis, quam dato tempore generat.

Uti Virtus magnetis ejusdem major in minori distantia, minor in majori: vel vis Gravitans major in vallibus, minor in cacuminibus præaltorum montium, atque adhuc minor (ut posthac patebit) in majoribus distantiis a globo terræ; in æqualibus autem distantiis eadem undique, propterea quod corpora omnia cadentia (gravia an levia, magna an parva) sublata Aeris resistentia, æqualiter accelerat.

DEFINITIO VIII.

Vis centripetæ Quantitas Motrix est ipsius mensura proportionalis Motui, quem dato tempore generat.

Uti Pondus majus in majore corpore, minus in minore; inque corpore eodem majus prope terram, minus in cælis. Hæc Quantitas est corporis totius centripetentia seu propensio in centrum, & (ut ita dicam) Pondus; & innotescit semper per vim ipsi contrariam & æqualem, qua descensus corporis impediri potest.

Hasce virium quantitates brevitatis gratia nominare licet vires motrices, acceleratrices, & absolutas; & distinctionis gratia referre ad Corpora, centrum petentia, ad corporum Loca, & ad Centrum virium: nimirum vim motricem ad Corpus, tanquam conatum & propensionem totius in centrum ex propensionibus omnium partium compositam; & vim acceleratricem ad Locum corporis, tanquam efficaciam quandam, de centro per loca singula in circuitu diffusam, ad movenda corpora quæ in ipsis sunt; vim autem absolutam ad Centrum, tanquam causa aliqua præditum, sine qua vires motrices non propagantur per regiones in circuitu; sive causa illa sit corpus aliquod centrale (quale est Magnes in centro vis magneticæ, vel Terra in centro

centro vis gravitantis) sive alia aliqua quæ non apparet. Mathematicus duntaxat est hic conceptus. Nam virium causas & sedes physicas jam non expendo. DEFINITIONES.

Est igitur vis acceleratrix ad vim motricem ut celeritas ad motum. Oritur enim quantitas motus ex celeritate ducta in quantitatem materiæ, & vis motrix ex vi acceleratrice ducta in quantitatem ejusdem materiæ. Nam summa actionum vis acceleratricis in singulas corporis particulas est vis motrix totius. Unde juxta superficiem Terræ, ubi gravitas acceleratrix seu vis gravitans in corporibus universis eadem est, gravitas motrix seu pondus est ut corpus: at si in regiones ascendatur ubi gravitas acceleratrix fit minor, pondus pariter minuetur, eritque semper ut corpus in gravitatem acceleratricem ductum. Sic in regionibus ubi gravitas acceleratrix duplo minor est, pondus corporis duplo vel triplo minoris erit quadruplo vel sextuplo minus.

Porro attractiones & impulsus eodem sensu acceleratrices & motrices nomino. Voces autem Attractionis, Impulsus, vel Propensionis cujuscunque in centrum, indifferenter & pro se mutuo promiscue usurpo; has vires non Physice sed Mathematice tantum considerando. Unde caveat lector, ne per hujusmodi voces cogitet me speciem vel modum actionis causamve aut rationem Physicam alicubi definire, vel centris (quæ sunt puncta Mathematica) vires vere & Physice tribuere; si forte aut centra trahere, aut vires centrorum esse dixero.

Scholium.

Hactenus voces minus notas, quo sensu in sequentibus accipiendæ sint, explicare visum est. Nam Tempus, Spatium, Locum & Motum, ut omnibus notissima, non definio. Notandum tamen, quod vulgus quantitates hasce non aliter quam ex relatione ad sensibilia concipiat. Et inde oriuntur præjudicia quædam, quibus tollendis convenit easdem in absolutas & relativas, veras & apparentes, mathematicas & vulgares distingui.

I. Tempus Absolutum, verum, & mathematicum, in se & natura sua absq; relatione ad externum quodvis, æquabiliter fluit, alioq; nomine dicitur Duratio: Relativum, apparens, & vulgare est sensibilis & externa quævis Durationis per motum mensura (seu accurata seu inæquabilis) qua vulgus vice veri temporis utitur; ut Hora, Dies, Mensis, Annus.

II. Spa-

DEFINITIONES.

II. Spatium Absolutum, natura sua absque relatione ad externum quodvis, semper manet similare & immobile: Relativum est spatii hujus mensura seu dimensio quælibet mobilis, quæ a sensibus nostris per situm suum ad corpora definitur, & a vulgo pro spatio immobili usurpatur: uti dimensio spatii subterranei, aerei vel cælestis definita per situm suum ad Terram. Idem sunt spatium absolutum & relativum, specie & magnitudine; sed non permanent idem semper numero. Nam si Terra, verbi gratia, movetur; spatium Aeris nostri, quod relative & respectu Terræ semper manet idem, nunc erit una pars spatii absoluti in quam Aer transit, nunc alia pars ejus; & sic absolute mutabitur perpetuo.

III. Locus est pars spatii quam corpus occupat, estq; pro ratione spatii vel Absolutus vel Relativus. Pars, inquam, spatii; non Situs corporis, vel Superficies ambiens. Nam solidorum æqualium æquales semper sunt loci; Superficies autem ob dissimilitudinem figurarum ut plurimum inæquales sunt; Situs vero proprie loquendo quantitatem non habent, neq; tam sunt loca quam affectiones locorum. Motus totius idem est cum summa motuum partium, hoc est, translatio totius de suo loco eadem est cum summa translationum partium de locis suis; adeoq; locus totius idem cum summa locorum partium, & propterea internus & in corpore toto.

IV. Motus Absolutus est translatio corporis de loco absoluto in locum absolutum, Relativus de relativo in relativum. Sic in navi quæ velis passis fertur, relativus corporis Locus est navigii regio illa in qua corpus versatur, seu cavitatis totius pars illa quam corpus implet, quæq; adeo movetur una cum navi: & Quies relativa est permansio corporis in eadem illa navis regione vel parte cavitatis. At quies Vera est permansio corporis in eadem parte spatii illius immoti in qua navis ipsa una cum cavitate sua & contentis universis movetur. Unde si Terra vere quiescit, corpus quod relative quiescit in navi, movebitur vere & absolute ea cum velocitate qua navis movetur in Terra. Sin Terra etiam movetur; orietur verus & absolutus corporis motus, partim ex Terræ motu vero in spatio immoto, partim ex navis motu relativo in Terra: & si corpus etiam movetur relative in navi; orietur verus ejus motus, partim ex vero motu Terræ in spatio immoto, partim ex relativis motibus tum navis in Terra, tum corporis in navi; & ex his motibus relativis orietur corporis motus relativus in Terra. Ut si Terræ pars illa, ubi navis versatur, moveatur vere in orientem cum velocitate partium 10010; & velis ventoq; feratur navis in occidentem cum velocitate partium decem; Nauta autem ambulet in navi orientem

entem versus cum velocitatis parte una: movebitur Nauta vere & absolute in spatio immoto cum velocitatis partibus 10001 in orientem, & relative in terra occidentem versus cum velocitatis partibus novem.

Tempus Absolutum a relativo distinguitur in Astronomia per Æquationem temporis vulgi. Inæquales enim sunt dies Naturales, qui vulgo tanquam æquales pro mensura temporis habentur. Hanc inæqualitatem corrigunt Astronomi, ut ex veriore tempore motus cælestes. Possibile est, ut nullus sit motus æquabilis quo Tempus accurate mensuretur. Accelerari & retardari possunt motus omnes, sed fluxus temporis Absoluti mutari nequit. Eadem est duratio seu perseverantia existentiæ rerum; sive motus sint celeres, sive tardi, sive nulli: proinde hæc a mensuris suis sensibilibus merito distinguitur, & ex iisdem colligitur per Æquationem Astronomicam. Hujus autem æquationis in determinandis Phænomenis necessitas, tum per experimentum Horologii Oscillatorii, tum etiam per eclipses Satellitum Jovis evincitur.

Ut partium Temporis ordo est immutabilis, sic etiam ordo partium Spatii. Moveantur hæ de locis suis, & movebuntur (ut ita dicam) de seipsis. Nam tempora & spatia sunt sui ipsorum & rerum omnium quasi Loca. In Tempore quoad ordinem successionis; in Spatio quoad ordinem situs locantur universa. De illorum essentia est ut sint Loca: & loca primaria moveri absurdum est. Hæc sunt igitur absoluta Loca; & solæ translationes de his locis sunt absoluti Motus.

Verum quoniam hæ Spatii partes videri nequeunt, & ab invicem per sensus nostros distingui; earum vice adhibemus mensuras sensibiles. Ex positionibus enim & distantiis rerum a corpore aliquo, quod spectamus ut immobile, definimus loca universa: deinde etiam & omnes motus æstimamus cum respectu ad prædicta loca, quatenus corpora ab iisdem transferri concipimus. Sic vice locorum & motuum absolutorum relativis utimur; nec incommode in rebus humanis: in Philosophicis autem abstrahendum est a sensibus. Fieri etenim potest, ut nullum revera quiescat corpus, ad quod loca motusque referantur.

Distinguuntur autem Quies & Motus absoluti & relativi ab invicem per Proprietates suas & Causas & Effectus. Quietis proprietas est, quod corpora vere quiescentia quiescunt inter se. Ideoque cum possibile sit, ut corpus aliquod in regionibus Fixarum, aut longe ultra, quiescat absolute; sciri autem non possit ex situ corporum ad invicem in regionibus nostris, horumne aliquod ad longinquum

quum illud datam positionem servet necne; quies vera ex horum situ inter se definiri nequit.

Motus proprietas est, quod partes, quæ datas servant positiones ad tota, participant motus eorundem totorum. Nam Gyrantium partes omnes conantur recedere ab axe motus, & Progredientium impetus oritur ex conjuncto impetu partium singularum. Motis igitur corporibus ambientibus, moventur quæ in ambientibus relative quiescunt. Et propterea motus verus & absolutus definiri nequit per translationem e vicinia corporum, quæ tanquam quiescentia spectantur. Debent enim corpora externa non solum tanquam quiescentia spectari, sed etiam vere quiescere. Alioquin inclusa omnia, præter translationem e vicinia ambientium, participabunt etiam ambientium motus veros; & sublata illa translatione non vere quiescent, sed tanquam quiescentia solummodo spectabuntur. Sunt enim ambientia ad inclusa, ut totius pars exterior ad partem interiorem, vel ut cortex ad nucleum. Moto autem cortice, nucleus etiam, absq; translatione de vicinia corticis, ceu pars totius movetur.

Præcedenti proprietati affinis est, quod moto Loco movetur una Locatum: adeoque corpus, quod de loco moto movetur, participat etiam loci sui motum. Motus igitur omnes, qui de locis motis fiunt, sunt partes solummodo motuum integrorum & absolutorum: & motus omnis integer componitur ex motu corporis de loco suo primo, & motu loci hujus de loco suo, & sic deinceps; usque dum perveniatur ad locum immotum, ut in exemplo Nautæ supra memorato. Unde motus integri & absoluti non nisi per loca immota definiri possunt: & propterea hos ad loca immota, relativos ad mobilia supra retuli. Loca autem immota non sunt, nisi quæ omnia ab infinito in infinitum datas servant positiones ad invicem; atque adeo semper manent immota, spatiumque constituunt quod Immobile appello.

Causæ, quibus motus veri & relativi distinguuntur ab invicem, sunt Vires in corpora impressæ ad motum generandum. Motus verus nec generatur nec mutatur, nisi per vires in ipsum corpus motum impressas: at motus relativus generari & mutari potest absq; viribus impressis in hoc corpus. Sufficit enim ut imprimantur in alia solum corpora ad quæ fit relatio, ut iis cedentibus mutetur relatio illa in qua hujus quies vel motus relativus consistit. Rursum motus verus a viribus in corpus motum impressis semper mutatur; at motus relativus ab his viribus non mutatur necessario. Nam si eædem vires in alia etiam corpora, ad quæ fit relatio, sic imprimantur

mantur ut situs relativus conservetur, conservabitur relatio in qua motus relativus consistit. Mutari igitur potest motus omnis relativus ubi verus conservatur, & conservari ubi verus mutatur; & propterea motus verus in ejusmodi relationibus minime consistit. DEFINITIONES.

Effectus quibus motus absoluti & relativi distinguuntur ab invicem, sunt vires recedendi ab axe motus circularis. Nam in motu circulari nude relativo hæ vires nullæ sunt, in vero autem & absoluto majores vel minores pro quantitate motus. Si pendeat situla a filo prælongo, agaturque perpetuo in orbem, donec filum a contorsione admodum rigescat, dein impleatur aqua, & una cum aqua quiescat; tum vi aliqua subitanea agatur motu contrario in orbem, & filo se relaxante, diutius perseveret in hoc motu; superficies aquæ sub initio plana erit, quemadmodum ante motum vasis: at postquam, vi in aquam paulatim impressa, effecit vas, ut hæc quoque sensibiliter revolvi incipiat; recedet ipsa paulatim a medio, ascendetque ad latera vasis, figuram concavam induens, (ut ipse expertus sum) & incitatiore semper motu ascendet magis & magis, donec revolutiones in æqualibus cum vase temporibus peragendo, quiescat in eodem relative. Indicat hic ascensus conatum recedendi ab axe motus, & per talem conatum innotescit & mensuratur motus aquæ circularis verus & absolutus, motuique relativo hic omnino contrarius. Initio, ubi maximus erat aquæ motus relativus in vase, motus ille nullum excitabat conatum recedendi ab axe: aqua non petebat circumferentiam ascendendo ad latera vasis, sed plana manebat, & propterea motus illius circularis verus nondum inceperat. Postea vero, ubi aquæ motus relativus decrevit, ascensus ejus ad latera vasis indicabat conatum recedendi ab axe; atque hic conatus monstrabat motum illius circularem verum perpetuo crescentem, ac tandem maximum factum ubi aqua quiescebat in vase relative. Igitur conatus iste non pendet a translatione aquæ respectu corporum ambientium, & propterea motus circularis verus per tales translationes definiri nequit. Unicus est corporis cujusque revolventis motus vere circularis, conatui unico tanquam proprio & adæquato effectui respondens: motus autem relativi pro variis relationibus ad externa innumeri sunt; & relationum instar, effectibus veris omnino destituuntur, nisi quatenus verum illum & unicum motum participant. Unde & in Systemate eorum qui Cælos nostros infra Cælos Fixarum in orbem revolvi volunt, & Planetas secum deferre; singulæ Cælorum partes, & Planetæ qui relative quidem in Cælis suis proximis quiescunt, moventur

DEFINITIONES.

tur vere. Mutant enim positiones suas ad invicem (secus quam fit in vere quiescentibus) unaque cum cælis delati participant eorum motus, & ut partes revolventium totorum, ab eorum axibus recedere conantur.

Igitur quantitates relativæ non sunt eæ ipsæ quantitates, quarum nomina præ se ferunt, sed earum mensuræ illæ sensibiles (veræ an errantes) quibus vulgus loco quantitatum mensuratarum utitur. At si ex usu definiendæ sunt verborum significationes; per nomina illa Temporis, Spatii, Loci & Motus proprie intelligendæ erunt hæ mensuræ; & sermo erit insolens & pure Mathematicus, si quantitates mensuratæ hic intelligantur. Proinde vim inferunt Sacris Literis, qui voces hasce de quantitatibus mensuratis ibi interpretantur. Neque minus contaminant Mathesin & Philosophiam, qui quantitates veras cum ipsarum relationibus & vulgaribus mensuris confundunt.

Motus quidem veros corporum singulorum cognoscere, & ab apparentibus actu discriminare, difficillimum est: propterea quod partes spatii illius immobilis, in quo corpora vere moventur, non incurrunt in sensus. Causa tamen non est prorsus desperata. Nam suppetunt argumenta, partim ex motibus apparentibus qui sunt motuum verorum differentiæ, partim ex viribus quæ sunt motuum verorum causæ & effectus. Ut si globi duo, ad datam ab invicem distantiam filo intercedente connexi, revolverentur circa commune gravitatis centrum; innotesceret ex tensione fili conatus globorum recedendi ab axe motus, & inde quantitas motus circularis computari posset. Deinde si vires quælibet æquales in alternas globorum facies ad motum circularem augendum vel minuendum simul imprimerentur, innotesceret ex aucta vel diminuta fili tensione augmentum vel decrementum motus; & inde tandem inveniri possent facies globorum in quas vires imprimi deberent, ut motus maxime augeretur; id est, facies posticæ, sive quæ in motu circulari sequuntur. Cognitis autem faciebus quæ sequuntur, & faciebus oppositis quæ præcedunt, cognosceretur determinatio motus. In hunc modum inveniri posset & quantitas & determinatio motus hujus circularis in vacuo quovis immenso, ubi nihil extaret externum & sensibile quocum globi conferri possent. Si jam constituerentur in spatio illo corpora aliqua longinqua datam inter se positionem servantia, qualia sunt Stellæ Fixæ in regionibus nostris: sciri quidem non posset ex relativa globorum translatione inter corpora, utrum his an illis tribuendus esset motus. At si atten-

attenderetur ad filum, & deprenderetur tensionem ejus illam ipsam esse quam motus globorum requireret; concludere liceret motum esse globorum, & corpora quiescere; & tum demum ex translatione globorum inter corpora, determinationem hujus motus colligere. Motus autem veros ex eorum causis, effectibus, & apparentibus differentiis colligere; & contra ex motibus seu veris seu apparentibus eorum causas & effectus, docebitur fusius in sequentibus. Hunc enim in finem Tractatum sequentem composui. DEFINITIONES.

AXIOMATA,

SIVE

LEGES MOTUS.

LEX I.

Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.

PRojectilia perseverant in motibus suis, nisi quatenus a resistentia aeris retardantur, & vi gravitatis impelluntur deorsum. Trochus, cujus partes cohærendo perpetuo retrahunt sese a motibus rectilineis, non cessat rotari, nisi quatenus ab aere retardatur. Majora autem Planetarum & Cometarum corpora motus suos & progressivos & circulares in spatiis minus resistentibus factos conservant diutius.

LEX II.

Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressæ, & fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.

Si vis aliqua motum quemvis generet; dupla duplum, tripla triplum generabit, sive simul & semel, sive gradatim & successive impressa fuerit. Et hic motus (quoniam in eandem semper plagam cum vi generatrice determinatur) si corpus antea movebatur, motui ejus vel conspiranti additur, vel contrario subducitur, vel oblique oblique adjicitur, & cum eo secundum utriusque determinationem componitur.

LEX

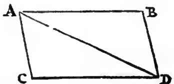
LEX III.

Actioni contrariam ſemper & æqualem eſſe reactionem: ſive corporum duorum actiones in ſe mutuo ſemper eſſe æquales & in partes contrarias dirigi.

Quicquid premit vel trahit alterum, tantundem ab eo premitur vel trahitur. Si quis lapidem digito premit, premitur & hujus digitus a lapide. Si equus lapidem funi alligatum trahit, retrahetur etiam & equus (ut ita dicam) æqualiter in lapidem: nam funis utrinque diſtentus eodem relaxandi ſe conatu urgebit equum verſus lapidem, ac lapidem verſus equum; tantumque impediet progreſſum unius quantum promovet progreſſum alterius. Si corpus aliquod in corpus aliud impingens, motum ejus vi ſua quomodocunque mutaverit, idem quoque viciſſim in motu proprio eandem mutationem in partem contrariam vi alterius (ob æqualitatem preſſionis mutuæ) ſubibit. His actionibus æquales fiunt mutationes, non velocitatum, ſed motuum; ſcilicet in corporibus non aliunde impeditis. Mutationes enim velocitatum, in contrarias itidem partes factæ, quia motus æqualiter mutantur, ſunt corporibus reciproce proportionales. Obtinet etiam hæc Lex in Attractionibus, ut in Scholio proximo probabitur.

COROLLARIUM I.

Corpus viribus conjunctis diagonalem parallelogrammi eodem tempore deſcribere, quo latera ſeparatis.



Si corpus dato tempore, vi ſola *M* in loco *A* impreſſa, ferretur uniformi cum motu ab *A* ad *B*; & vi ſola *N* in eodem loco impreſſa, ferretur ab *A* ad *C*: compleatur parallelogrammum *ABDC*, & vi utraque feretur id eodem tempore in diagonali ab *A* ad *D*. Nam quoniam vis *N* agit ſecundum lineam *AC* ipſi *BD* parallelam, hæc vis per Legem II nihil mutabit velocitatem accedendi ad lineam illam *BD* a vi altera genitam. Accedet igitur corpus eodem tempore ad lineam *BD*, ſive vis *N* imprimatur, ſive non; atque adeo in fine illius temporis reperietur alicubi in linea illa *BD*. Eodem argumento in fine temporis ejuſdem reperietur alicubi in linea *CD*, & idcirco in utriuſque lineæ concurſu *D* reperiri neceſſe eſt. Perget autem motu rectilineo ab *A* ad *D* per Legem I.

AXIOMATA, SIVE

COROLLARIUM II.

Et hinc patet compositio vis directæ AD *ex viribus quibusvis obliquis* AB *&* BD, *& vicissim resolutio vis cujusvis directæ* AD *in obliquas quascunque* AB *&* BD. *Quæ quidem compositio & resolutio abunde confirmatur ex Mechanica.*

Ut si de rotæ alicujus centro *O* exeuntes radii inæquales *OM*, *ON* filis *MA*, *NP* sustineant pondera *A* & *P*, & quærantur vires ponderum ad movendam rotam: Per centrum *O* agatur recta *KOL* filis perpendiculariter occurrens in *K* & *L*, centroque *O* & intervallorum *OK*, *OL* majore *OL* describatur circulus occurrens filo *MA* in *D*: & actæ rectæ *OD* parallela sit *AC*, & perpendicularis *DC*. Quoniam nihil refert, utrum filorum puncta *K*, *L*, *D* affixa sint an non affixa ad planum rotæ; pondera idem valebunt, ac si suspenderentur a punctis *K* & *L* vel *D* & *L*. Ponderis autem *A* exponatur vis tota per lineam *AD*, & hæc resolvetur in vires *AC*, *CD*, quarum *AC* trahendo radium *OD* directe a centro nihil valet ad movendam rotam; vis autem altera *DC*, trahendo radium *DO* perpendiculariter, idem valet ac si perpendiculariter traheret radium *OL* ipsi *OD* æqualem; hoc est, idem atque pondus *P*, si modo pondus illud sit ad pondus *A* ut vis *DC* ad vim *DA*, id est (ob similia triangula *ADC*, *DOK*,) ut *OK* ad *OD* seu *OL*. Pondera igitur *A* & *P*, quæ sunt reciproce ut radii in directum positi *OK* & *OL*, idem pollebunt, & sic consistent in æquilibrio: quæ est proprietas notissima Libræ, Vectis, & Axis in Peritrochio. Sin pondus alterutrum sit majus quam in hac ratione, erit vis ejus ad movendam rotam tanto major.

Quod si pondus *p* ponderi *P* æquale partim suspendatur filo *Np*, partim incumbat plano obliquo *pG*: agantur *pH*, *NH*, prior horizonti, posterior plano *pG* perpendicularis; & si vis ponderis *p* deorsum tendens, exponatur per lineam *pH*, resolvi potest hæc in vires *pN*, *HN*. Si filo *pN* perpendiculare esset planum aliquod *pQ*, secans planum alterum *pG* in linea ad horizontem parallela; & pondus *p* his planis *pQ*, *pG* solummodo incumberet; urgeret

geret

geret illud hæc plana viribus *p N*, *H N* perpendiculariter, nimirum planum *p Q* vi *p N*, & planum *p G* vi *H N*. Ideoque si tollatur planum *p Q*, ut pondus tendat filum; quoniam filum sustinendo pondus jam vicem præstat plani sublati, tendetur illud eadem vi *p N*, qua planum antea urgebatur. Unde tensio fili hujus obliqui erit ad tensionem fili alterius perpendicularis *PN*, ut *p N* ad *pH*. Ideoque si pondus *p* sit ad pondus *A* in ratione quæ componitur ex ratione reciproca minimarum distantiarum filorum suorum *p N*, *A M* a centro rotæ, & ratione directa *p H* ad *p N*; pondera idem valebunt ad rotam movendam, atque adeo se mutuo sustinebunt, ut quilibet experiri potest.

Pondus autem *p*, planis illis duobus obliquis incumbens, rationem habet cunei inter corporis fissi facies internas: & inde vires cunei & mallei innotescunt: utpote cum vis qua pondus *p* urget planum *p Q* sit ad vim, qua idem vel gravitate sua vel ictu mallei impellitur secundum lineam *p H* in plano, ut *p N* and *p H*; atque ad vim, qua urget planum alterum *p G*, ut *pN* ad *N H*. Sed & vis Cochleæ per similem virium divisionem colligitur; quippe quæ cuneus est a vecte impulsus. Usus igitur Corollarii hujus latissime patet, & late patendo veritatem suam evincit; cum pendeat ex jam dictis Mechanica tota ab Auctoribus diversimode demonstrata. Ex hisce enim facile derivantur vires Machinarum, quæ ex Rotis, Tympanis, Trochleis, Vectibus, nervis tensis & ponderibus directe vel oblique ascendentibus, cæterisque potentiis Mechanicis componi solent, ut & vires Tendinum ad animalium ossa movenda.

COROLLARIUM III.

Quantitas motus quæ colligitur capiendo summam motuum factorum ad eandem partem, & differentiam factorum ad contrarias, non mutatur ab actione corporum inter se.

Etenim actio eique contraria reactio æquales sunt per Legem III, adeoque per Legem II æquales in motibus efficiunt mutationes versus contrarias partes. Ergo si motus fiunt ad eandem partem; quicquid additur motui corporis fugientis, subducetur motui corporis insequentis sic, ut summa maneat eadem quæ prius. Sin corpora obviam eant; æqualis erit subductio de motu utriusque, adeoque differentia motuum factorum in contrarias partes manebit eadem.

Ut si corpus sphæricum *A* sit triplo majus corpore sphærico *B*, habeatque duas velocitatis partes; & *B* sequatur in eadem recta cum velocitatis

AXIOMATA, SIVE locitatis partibus decem, adeoque motus ipsius *A* sit ad motum ipsius *B*, ut sex ad decem: ponantur motus illis esse partium sex & partium decem, & summa erit partium sexdecim. In corporum igitur concursu, si corpus *A* lucretur motus partes tres vel quatuor vel quinque, corpus *B* amittet partes totidem, adeoque perget corpus *A* post reflexionem cum partibus novem vel decem vel undecim, & *B* cum partibus septem vel sex vel quinque, existente semper summa partium sexdecim ut prius. Si corpus *A* lucretur partes novem vel decem vel undecim vel duodecim, adeoque progrediatur post concursum cum partibus quindecim vel sexdecim vel septendecim vel octodecim; corpus *B*, amittendo tot partes quot *A* lucratur, vel cum una parte progredietur amissis partibus novem, vel quiescet amisso motu suo progressivo partium decem, vel cum una parte regredietur amisso motu suo & (ut ita dicam) una parte amplius, vel regredietur cum partibus duabus ob detractum motum progressivum partium duodecim. Atque ita summæ motuum conspirantium $15+1$ vel $16+0$, & differentiæ contrariorum $17-1$ & $18-2$ semper erunt partium sexdecim, ut ante concursum & reflexionem. Cognitis autem motibus quibuscum corpora post reflexionem pergent, invenietur cujusque velocitas, ponendo eam esse ad velocitatem ante reflexionem, ut motus post est ad motum ante. Ut in casu ultimo, ubi corporis *A* motus erat partium sex ante reflexionem & partium octodecim postea, & velocitas partium duarum ante reflexionem; invenietur ejus velocitas partium sex post reflexionem, dicendo, ut motus partes sex ante reflexionem ad motus partes octodecim postea, ita velocitatis partes duæ ante reflexionem ad velocitatis partes sex postea.

Quod si corpora vel non Sphærica vel diversis in rectis moventia incidant in se mutuo oblique, & requirantur eorum motus post reflexionem; cognoscendus est situs plani a quo corpora concurrentia tanguntur in puncto concursus: dein corporis utriusque motus (per Corol. II.) distinguendus est in duos, unum huic plano perpendicularem, alterum eidem parallelum: motus autem paralleli, propterea quod corpora agant in se invicem secundum lineam huic plano perpendicularem, retinendi sunt iidem post reflexionem atque antea; & motibus perpendicularibus mutationes æquales in partes contrarias tribuendæ sunt sic, ut summa conspirantium & differentia contrariorum maneat eadem quæ prius. Ex hujusmodi reflexionibus oriri etiam solent motus circulares corporum circa centra propria. Sed hos casus in sequentibus non considero, & nimis longum esset omnia huc spectantia demonstrare.

COROL-

COROLLARIUM IV.

Commune gravitatis Centrum, corporum duorum vel plurium, ab actionibus corporum inter se non mutat statum suum vel motus vel quietis; & propterea corporum omnium in se mutuo agentium (exclusis actionibus & impedimentis externis) commune Centrum gravitatis vel quiescit vel movetur uniformiter in directum.

Nam si puncta duo progrediantur uniformi cum motu in lineis rectis, & distantia eorum dividatur in ratione data, punctum dividens vel quiescit vel progreditur uniformiter in linea recta. Hoc postea in Lemmate XXIII demonstratur, si punctorum motus fiant in eodem plano; & eadem ratione demonstrari potest, si motus illi non fiant in eodem plano. Ergo si corpora quotcunque moventur uniformiter in lineis rectis, commune centrum gravitatis duorum quorumvis vel quiescit vel progreditur uniformiter in linea recta; propterea quod linea, horum corporum centra in rectis uniformiter progredientia jungens, dividitur ab hoc centro communi in ratione data. Similiter & commune centrum horum duorum & tertii cujusvis vel quiescit vel progreditur uniformiter in linea recta; propterea quod ab eo dividitur distantia centri communis corporum duorum & centri communis tertii in data ratione. Eodem modo & commune centrum horum trium & quarti cujusvis vel quiescit vel progreditur uniformiter in linea recta; propterea quod ab eo dividitur distantia inter centrum commune trium & centrum quarti in data ratione, & sic in infinitum. Igitur in systemate corporum quæ actionibus in se invicem aliisque omnibus in se extrinsecus impressis omnino vacant, adeoque moventur singula uniformiter in rectis singulis, commune omnium centrum gravitatis vel quiescit vel movetur uniformiter in directum.

Porro in systemate duorum corporum in se invicem agentium, cum distantiæ centrorum utriusque a communi gravitatis centro sint reciproce ut corpora; erunt motus relativi corporum eorundem, vel accedendi ad centrum illud vel ab eodem recedendi, æquales inter se. Proinde centrum illud a motuum æqualibus mutationibus in partes contrarias factis, atque adeo ab actionibus horum corporum inter se, nec promovetur nec retardatur nec mutationem patitur in statu suo quoad motum vel quietem. In systemate autem corporum plurium, quoniam duorum quorumvis in se mutuo agentium commune gravitatis centrum ob actionem illam nullatenus

mutat ſtatum ſuum; & reliquorum, quibuſcum actio illa non intercedit, commune gravitatis centrum nihil inde patitur; diſtantia autem horum duorum centrorum dividitur a communi corporum omnium centro in partes ſummis totalibus corporum quorum ſunt centra reciproce proportionales; adeoque centris illis duobus ſtatum ſuum movendi vel quieſcendi ſervantibus, commune omnium centrum ſervat etiam ſtatum ſuum: manifeſtum eſt quod commune illud omnium centrum ob actiones binorum corporum inter ſe nunquam mutat ſtatum ſuum quoad motum & quietem. In tali autem ſyſtemate actiones omnes corporum inter ſe, vel inter bina ſunt corpora, vel ab actionibus inter bina compoſitæ; & propterea communi omnium centro mutationem in ſtatu motus ejus vel quietis nunquam inducunt. Quare cum centrum illud ubi corpora non agunt in ſe invicem, vel quieſcit, vel in recta aliqua progreditur uniformiter; perget idem, non obſtantibus corporum actionibus inter ſe, vel ſemper quieſcere, vel ſemper progredi uniformiter in directum; niſi a viribus in ſyſtema extrinſecus impreſſis deturbetur de hoc ſtatu. Eſt igitur ſyſtematis corporum plurium Lex eadem quæ corporis ſolitarii, quoad perſeverantiam in ſtatu motus vel quietis. Motus enim progreſſivus ſeu corporis ſolitarii ſeu ſyſtematis corporum ex motu centri gravitatis æſtimari ſemper debet.

COROLLARIUM V.

Corporum dato ſpatio incluſorum iidem ſunt motus inter ſe, ſive ſpatium illud quieſcat, ſive moveatur idem uniformiter in directum abſque motu circulari.

Nam differentiæ motuum tendentium ad eandem partem, & ſummæ tendentium ad contrarias, eædem ſunt ſub initio in utroq; caſu (ex hypotheſi) & ex his ſummis vel differentiis oriuntur congreſſus & impetus quibus corpora ſe mutuo feriunt. Ergo per Legem II æquales erunt congreſſuum effectus in utroq; caſu; & propterea manebunt motus inter ſe in uno caſu æquales motibus inter ſe in altero. Idem comprobatur experimento luculento. Motus omnes eodem modo ſe habent in Navi, ſive ea quieſcat, ſive moveatur uniformiter in directum.

COROLLARIUM VI.

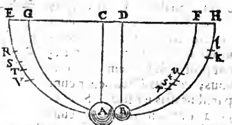
Si corpora moveătur quomodocunq; inter ſe, & a viribus acceleratricibus æqualibus ſecundum lineas parallelas urgeantur; pergent omnia eodem modo moveri inter ſe, ac ſi viribus illis non eſſent incitata.

Nam vires illæ æqualiter (pro quantitatibus movendorum corporum)

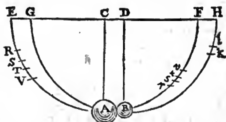
rum) & secundum lineas parallelas agendo, corpora omnia æqualiter (quoad velocitatem) movebunt per Legem II. adeoque nunquam mutabunt positiones & motus eorum inter se. LEGES MOTUS.

Scholium.

Hactenus principia tradidi a Mathematicis recepta & experientia multiplici confirmata. Per Leges duas primas & Corollaria duo prima *Galilæus* invenit descensum Gravium esse in duplicata ratione temporis, & motum Projectilium fieri in Parabola; conspirante experientia, nisi quatenus motus illi per aeris resistentiam aliquantulum retardantur. Ab iisdem Legibus & Corollariis pendent demonstrata de temporibus oscillantium Pendulorum, suffragante Horologiorum experientia quotidiana. Ex his iisdem & Lege tertia *Christophorus Wrennus* Eques Auratus, *Johannes Wallisius S. T. D.* & *Christianus Hugenius*, hujus ætatis Geometrarum facile principes, regulas congressuum & reflexionum duorum corporum seorsim invenerunt, & eodem fere tempore cum *Societate Regia* communicarunt, inter se (quoad has leges) omnino conspirantes: & primus quidem *Wallisius*, deinde *Wrennus* & *Hugenius* inventum prodiderunt. Sed & veritas comprobata est a *Wrenno* coram *Regia Societate* per experimentum Pendulorum: quod etiam *Clarissimus Mariottus* libro integro exponere mox dignatus est. Verum, ut hoc experimentum cum Theoriis ad amussim congruat, habenda est ratio cum resistentiæ aeris, tum etiam vis Elasticæ concurrentium corporum. Pendeant corpora A, B filis parallelis & æqualibus AC, BD, a centris C, D. His centris & intervallis describantur semicirculi EAF, GBH radiis CA, DB bisecti. Trahatur corpus A ad arcus EAF punctum quodvis R, & (subducto corpore B) demittatur inde, redeatque post unam oscillationem ad punctum V. Est RV retardatio ex resistentia aeris. Hujus RV fiat ST pars quarta sita in medio, ita scilicet ut RS & TV æquentur, sitque RS ad ST ut 3 ad 2. Et ista ST exhibebit retardationem in descensu ab S ad A quam proxime. Restituatur corpus B in locum suum. Cadat corpus A de puncto S, & velocitas ejus in loco reflexionis A, absque errore sensibili, tanta erit ac



si in vacuo cecidisset de loco *T*. Exponatur igitur hæc velocitas per chordam arcus *TA*. Nam velocitatem Penduli in puncto infimo esse ut chordam arcus quem cadendo descripsit, Propositio est est Geometris notissima. Post reflexionem perveniat corpus *A* ad locum *s*, & corpus *B* ad locum *k*. Tollatur corpus *B* & inveniatur locus *v*; a quo si corpus *A* demittatur & post unam oscillationem redeat ad locum *r*, sit *st* pars quarta ipsius *rv* sita in medio, ita videlicet ut *rs* & *tu* æquentur; & per chordam arcus *tA* exponatur velocitas quam corpus *A* proxime post reflexionem habuit in loco *A*. Nam *t* erit locus ille verus & correctus, ad quem corpus *A*, sublata aeris resistentia, ascendere debuisset. Simili methodo corrigendus erit locus *k*, ad quem corpus *B* ascendit, & inveniendus locus *l*, ad quem corpus illud ascendere debuisset in vacuo. Hoc pacto experiri licet omnia perinde ac si in vacuo constituti essemus. Tandem ducendum erit corpus *A* in chordam arcus *TA* (quæ velocitatem ejus exhibet) ut habeatur motus ejus in loco *A* proxime ante reflexionem; deinde in chordam arcus *tA*, ut habeatur motus ejus in loco *A* proxime post reflexionem. Et sic corpus *B* ducendum erit in chordam arcus *Bl*, ut habeatur motus ejus proxime post reflexionem. Et simili methodo, ubi corpora duo simul demittuntur de locis diversis, inveniendi sunt motus utriusq; tam ante, quam post reflexionem; & tum demum conferendi sunt motus inter se & colligendi effectus reflexionis. Hoc modo in Pendulis pedum decem rem tentando, idque in corporibus tam inæqualibus quam æqualibus, & faciendo ut corpora de intervallis amplissimis, puta pedum octo vel duodecim vel sexdecim, concurrerent; reperi semper sine errore trium digitorum in mensuris, ubi corpora sibi mutuo directe occurrebant, quod æquales erant mutationes motuum corporibus in partes contrarias illatæ, atque adeo quod actio & reactio semper erant æquales. Ut si corpus *A* incidebat in corpus *B* cum novem partibus motus, & amissis septem partibus pergebat post reflexionem cum duabus; corpus *B* resiliebat cum partibus istis septem. Si corpora obviam ibant *A* cum



duodecim partibus & *B* cum sex, & redibat *A* cum duabus; redibat *B* cum octo, facta detractione partium quatuordecim utrinque. De motu ipsius *A* subducantur partes duodecim, & restabit

nihil

nihil: ſubducantur aliæ partes duæ, & fiet motus duarum partium in plagam contrariam: & ſic de motu corporis *B* partium ſex ſubducendo partes quatuordecim, fient partes octo in plagam contrariam. Quod ſi corpora ibant ad eandam plagam, *A* velocius cum partibus quatuordecim, & *B* tardius cum partibus quinque, & poſt reflexionem pergebat *A* cum quinque partibus; pergebat *B* cum quatuordecim, facta tranſlatione partium novem de *A* in *B*. Et ſic in reliquis. A congreſſu & colliſione corporum nunquam mutabatur quantitas motus, quæ ex ſumma motuum conſpirantium & differentia contrariorum colligebatur. Nam errorem digiti unius & alterius in menſuris tribuerim difficultati peragendi ſingula ſatis accurate. Difficile erat, tum pendula ſimul demittere ſic, ut corpora in ſe mutuo impingerent in loco infimo *A B*; tum loca *s*, *k* notare, ad quæ corpora aſcendebant poſt concurſum. Sed & in ipſis pilis inæqualis partium denſitas, & textura aliis de cauſis irregularis, errores inducebant.

Porro nequis objiciat Regulam, ad quam probandam inventum eſt hoc experimentum, præſupponere corpora vel abſolute dura eſſe, vel ſaltem perfecte elaſtica, cujuſmodi nulla reperiuntur in compoſitionibus naturalibus; addo quod Experimenta jam deſcripta ſuccedunt in corporibus mollibus æque ac in duris, nimirum a conditione duritiei neutiquam pendentia. Nam ſi Regula illa in corporibus non perfecte duris tentanda eſt, debebit ſolummodo reflexio minui in certa proportione pro quantitate vis Elaſticæ. In Theoria *Wrenni* & *Hugenii* corpora abſolute dura redeunt ab invicem cum velocitate congreſſus. Certius id affirmabitur de perfecte Elaſticis. In imperfecte Elaſticis velocitas reditus minuenda eſt ſimul cum vi Elaſtica; propterea quod vis illa, (niſi ubi partes corporum ex congreſſu læduntur, vel extenſionem aliqualem quaſi ſub malleo patiuntur,) certa ac determinata ſit (quantum ſentio) faciatque corpora redire ab invicem cum velocitate relativa, quæ ſit ad relativam velocitatem concurſus in data ratione. Id in pilis ex lana arcte conglomerata & fortiter conſtricta ſic tentavi. Primum demittendo Pendula & menſurando reflexionem, inveni quantitatem vis Elaſticæ; deinde per hanc vim determinavi reflexiones in aliis caſibus concurſuum, & reſpondebant Experimenta. Redibant ſemper pilæ ab invicem cum velocitate relativa, quæ eſſet ad velocitatem relativam concurſus ut 5 ad 9 circiter. Eadem fere cum velocitate redibant pilæ ex chalybe: aliæ ex ſubere cum paulo minore: in vitreis autem proportio erat 15 ad 16 circiter. Atque hoc pacto Lex tertia quoad ictus & reflexiones per Theoriam comprobata eſt, quæ cum experientia plane congruit. In

AXIOMATA, SIVE

In Attractionibus rem sic breviter ostendo. Corporibus duobus quibusvis *A*, *B* se mutuo trahentibus, concipe obstaculum quodvis interponi quo congressus eorum impediatur. Si corpus alterutrum *A* magis trahitur versus corpus alterum *B*, quam illud alterum *B* in prius *A*, obstaculum magis urgebitur pressione corporis *A* quam pressione corporis *B*; proindeque non manebit in æquilibrio. Prævalebit pressio fortior, facietque ut systema corporum duorum & obstaculi moveatur in directum in partes versus *B*, motuque in spatiis liberis semper accelerato abeat in infinitum. Quod est absurdum & Legi primæ contrarium. Nam per Legem primam debebit systema perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, proindeque corpora æqualiter urgebunt obstaculum, & idcirco æqualiter trahentur in invicem. Tentavi hoc in Magnete & Ferro. Si hæc in vasculis propriis sese contingentibus seorsim posita, in aqua stagnante juxta fluitent; neutrum propellet alterum, sed æqualitate attractionis utrinque sustinebunt conatus in se mutuos, ac tandem in æquilibrio constituta quiescent.

Sic etiam gravitas inter Terram & ejus partes, mutua est. Secetur Terra *FI* plano quovis *EG* in partes duas *EGF* & *EGI*: & æqualia erunt harum pondera in se mutuo. Nam si plano alio *HK* quod priori *EG* parallelum sit, pars major *EGI* secetur in partes duas *EGKH* & *HKI*, quarum *HKI* æqualis sit parti prius abscissæ *EFG*: manifestum est quod pars media *EGKH* pondere proprio in neutram partium extremarum propendebit, sed inter utramque in æquilibrio, ut ita dicam, suspendetur, & quiescet. Pars autem extrema *HKI* toto suo pondere incumbet in partem mediam, & urgebit illam in partem alteram extremam *EGF*; ideoque vis qua partium *HKI* & *EGKH* summa *EGI* tendit versus partem tertiam *EGF*, æqualis est ponderi partis *HKI*, id est ponderi partis tertiæ *EGF*. Et propterea pondera partium duarum *EGI*, *EGF* in se mutuo sunt æqualia, uti volui ostendere. Et nisi pondera illa æqualia essent, Terra tota in libero æthere fluitans ponderi majori cederet, & ab eo fugiendo abiret in infinitum.



Ut corpora in concursu & reflexione idem pollent, quorum velocitates sunt reciproce ut vires insitæ: sic in movendis Instrumentis Mechanicis agentia idem pollent & conatibus contrariis se mutuo sustinent, quorum velocitates secundum determinationem virium

virium æstimatæ, sunt reciproce ut vires. Sic pondera æquipollent ad movenda brachia Libræ, quæ oscillante Libra sunt reciproce ut eorum velocitates sursum & deorsum: hoc est, pondera, si recta ascendunt & descendunt, æquipollent, quæ sunt reciproce ut punctorum a quibus suspenduntur distantiæ ab axe Libræ; sin planis obliquis aliisve admotis obstaculis impedita ascendunt vel descendunt oblique, æquipollent quæ sunt reciproce ut ascensus & descensus, quatenus facti secundum perpendiculum: id adeo ob determinationem gravitatis deorsum. Similiter in Trochlea seu Polyspasto vis manus funem directe trahentis, quæ sit ad pondus vel directe vel oblique ascendens ut velocitas ascensus perpendicularis ad velocitatem manus funem trahentis, sustinebit pondus. In Horologiis & similibus instrumentis, quæ ex rotulis commissis constructa sunt, vires contrariæ ad motum rotularum promovendum & impediendum, si sunt reciproce ut velocitates partium rotularum in quas imprimuntur, sustinebunt se mutuo. Vis Cochleæ ad premendum corpus est ad vim manus manubrium circumagentis, ut circularis velocitas manubrii ea in parte ubi a manu urgetur, ad velocitatem progressivam cochleæ versus corpus pressum. Vires quibus Cuneus urget partes duas ligni fissi sunt ad vim mallei in cuneum, ut progressus cunei secundum determinationem vis a malleo in ipsum impressæ, ad velocitatem qua partes ligni cedunt cuneo, secundum lineas faciebus cunei perpendiculares. Et par est ratio Machinarum omnium.

Harum efficacia & usus in eo solo consistit, ut diminuendo velocitatem augeamus vim, & contra: Unde solvitur in omni aptorum instrumentorum genere Problema, *Datum pondus data vi movendi*, aliamve datam resistentiam vi data superandi. Nam si Machinæ ita formentur, ut velocitates Agentis & Resistentis sint reciproce ut vires; Agens resistentiam sustinebit: & majori cum velocitatum disparitate eandem vincet. Certe si tanta sit velocitatum disparitas, ut vincatur etiam resistentia omnis, quæ tam ex contiguorum & inter se labentium corporum attritione, quam ex continuorum & ab invicem separandorum cohæsione & elevandorum ponderibus oriri solet; superata omni ea resistentia, vis redundans accelerationem motus sibi proportionalem, partim in partibus machinæ, partim in corpore resistente producet. Ceterum Mechanicam tractare non est hujus instituti. Hisce volui tantum ostendere, quam late pateat quamque certa sit Lex tertia Motus. Nam si æstimetur Agentis actio ex ejus vi & velocitate

tate conjunctim; & similiter Resistentis reactio æstimetur conjunctim ex ejus partium singularum velocitatibus & viribus resistendi ab earum attritione, cohæsione, pondere, & acceleratione oriundis; erunt actio & reactio, in omni instrumentorum usu, sibi invicem semper æquales. Et quatenus actio propagatur per instrumentum & ultimo imprimitur in corpus omne resistens, ejus ultima determinatio determinationi reactionis semper erit contraria.

DE MOTU CORPORUM

LIBER PRIMUS.

SECTIO I.

De Methodo Rationum primarum & ultimarum, cujus ope sequentia demonstrantur.

LEMMA I.

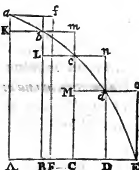
Quantitates, ut & quantitatum rationes, quæ ad æqualitatem tempore quovis finito constanter tendunt, & ante finem temporis illius propius ad invicem accedunt quam pro data quavis differentia, fiunt ultimo æquales.

Si negas; fiant ultimò inequales, & sit earum ultima differentia D. Ergo nequeunt propius ad æqualitatem accedere quam pro data differentia D: contra hypothesin.

LEMMA

LEMMA II.

Si in Figura quavis AacE, *rectis* Aa, AE *& curva* acE *comprehensa, inscribantur parallelogramma quotcunque* Ab, Bc, Cd, &c. *sub basibus* AB, BC, CD, &c. *æqualibus, & lateribus* Bb, Cc, Dd, &c. *Figuræ lateri* Aa *parallelis contenta; & compleantur parallelogramma* aKbl, bLcm, cMdn, &c. *Dein horum parallelogrammorum latitudo minuatur, & numerus augeatur in infinitum: dico quod ultimæ rationes, quas habent ad se invicem Figura inscripta* AKbLcMdD, *circumscripta* AalbmcndoE, *& curvilinea* AabcdE, *sunt rationes æqualitatis.*



Nam Figuræ inscriptæ & circumscriptæ differentia est summa parallelogrammorum *Kl, Lm, Mn, Do*, hoc est (ob æquales omnium bases) rectangulum sub unius basi *Kb* & altitudinum summa *Aa*, id est, rectangulum *ABla*. Sed hoc rectangulum, eo quod latitudo ejus *AB* in infinitum minuitur, fit minus quovis dato. Ergo (per Lemma 1) Figura inscripta & circumscripta & multo magis Figura curvilinea intermedia fiunt ultimo æquales *Q.E.D.*

LEMMA III.

Eædem rationes ultimæ sunt etiam rationes æqualitatis, ubi parallelogrammorum latitudines AB, BC, CD, &c. *sunt inæquales, & omnes minuuntur in infinitum.*

Sit enim *AF* æqualis latitudini maximæ, & compleatur parallelogrammum *FAaf*. Hoc erit majus quam differentia Figuræ inscriptæ & Figuræ circumscriptæ; at latitudine sua *AF* in infinitum diminuta, minus fiet quam datum quodvis rectangulum. *Q.E.D.*

Corol. 1. Hinc summa ultima parallelogrammorum evanescentium coincidit omni ex parte cum Figura curvilinea.

Corol. 2. Et multo magis Figura rectilinea, quæ chordis evanes-

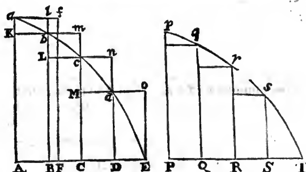
centium arcuum *ab*, *bc*, *cd*, *&c.* comprehenditur, coincidit ultimo cum Figura curvilinea.

Corol. 3. Ut & Figura rectilinea circumscripta quæ tangentibus eorundem arcuum comprehenditur.

Corol. 4. Et propterea hæ Figuræ ultimæ (quoad perimetros *acE*,) non sunt rectilineæ, sed rectilinearum limites curvilinei.

LEMMA IV.

Si in duabus Figuris AacE, PprT, *inscribantur* (*ut supra*) *duæ parallelogrammorum series, sitque idem amborum numerus, & ubi latitudines in infinitum diminuuntur, rationes ultimæ parallelogrammorum in una Figura ad parallelogramma in altera, singulorum ad singula, sint eædem; dico quod Figuræ duæ* AacE, PprT, *sunt ad invicem in eadem illa ratione.*



Etenim ut sunt parallelogramma singula ad singula, ita (componendo) fit summa omnium ad summam omnium, & ita Figura ad Figuram; existente nimirum Figura priore (per Lemma III) ad summam priorem, & Figura posteriore ad summam posteriorem in ratione æqualitatis. *Q. E. D.*

Corol. Hinc si duæ cujuscunque generis quantitates in eundem partium numerum utcunque dividantur; & partes illæ, ubi numerus earum augetur & magnitudo diminuitur in infinitum, datam obtineant rationem ad invicem, prima ad primam, secunda ad secundam, cæteræque suo ordine ad cæteras: erunt tota ad invicem in eadem illa data ratione. Nam si in Lemmatis hujus Figuris sumantur parallelo-

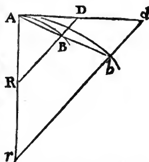
rallelogramma inter se ut partes, summæ partium semper erunt ut summæ parallelogrammorum; atque adeo, ubi partium & parallelogrammorum numerus augetur & magnitudo diminuitur in infinitum, in ultima ratione parallelogrammi ad parallelogrammum, id est (per hypothesin) in ultima ratione partis ad partem.

LEMMA V.

Similium Figurarum latera omnia, quæ sibi mutuo respondent, sunt proportionalia, tam curvilinea quam rectilinea; & areæ sunt in duplicata ratione laterum.

LEMMA VI.

Si arcus quilibet positione datus AB *subtendatur chorda* AB, *& in puncto aliquo* A, *in medio curvaturæ continuæ, tangatur a recta utrinque producta* AD; *dein puncta* A, B *ad invicem accedant & coëant; dico quod angulus* BAD, *sub chorda & tangente contentus, minuetur in infinitum & ultimo evanescet.*



Nam si angulus ille non evanescit, continebit arcus *AB* cum tangente *AD* angulum rectilineo æqualem, & propterea curvatura ad ad punctum *A* non erit continua, contra hypothesin.

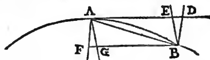
LEMMA VII.

Iisdem positis; dico quod ultima ratio arcus, chordæ, & tangentis ad invicem est ratio æqualitatis.

Nam dum punctum *B* ad punctum *A* accedit, intelligantur semper *AB* & *AD* ad puncta longinqua *b* ac *d* produci, & secanti *BD* parallela agatur *bd*. Sitque arcus *Ab* semper similis arcui *AB*. Et punctis *A*, *B* coeuntibus, angulus *dAb*, per Lemma superius, evanescet; adeoque rectæ semper finitæ *Ab*, *Ad* & arcus intermedius *Ab* coincident, & propterea æquales erunt. Unde & hisce semper proportionales rectæ *AB*, *AD*, & arcus intermedius *AB* eva-

evanescent, & rationem ultimam habebunt æqualitatis. *Q. E. D.*

Corol. 1. Unde si per B ducatur tangenti parallela BF, rectam quamvis AF per A transeuntem perpetuo secans in F, hæc BF ultimo ad arcum evanescentem AB rationem habebit æqualitatis, eo quod completo parallelogrammo $AFBD$ rationem semper habet æqualitatis ad AD.



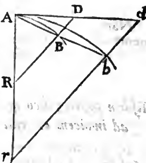
Corol. 2. Et si per B & A ducantur plures rectæ BE, BD, AF, AG, secantes tangentem AD & ipsius parallelam BF; ratio ultima abscissarum omnium AD, AE, BF, BG, chordæque & arcus AB ad invicem erit ratio æqualitatis.

Corol. 3. Et propterea hæ omnes lineæ, in omni de rationibus ultimis argumentatione, pro se invicem usurpari possunt.

LEMMA VIII.

Si rectæ datæ AR, BR *cum arcu* AB, *chorda* AB *& tangente* AD, *triangula tria* ARB, ARB, ARD *constituunt, dein puncta* A, B *accedunt ad invicem: dico quod ultima forma triangulorum evanescentium est similitudinis, & ultima ratio æqualitatis.*

Nam dum punctum B ad punctum A accedit, intelligatur semper AB, AD, AR ad puncta longinqua b, d & r produci, ipsique RD parallela agi rbd, & arcui AB similis semper sit arcus Ab. Et coeuntibus punctis A, B, angulus bAd evanescet, & propterea triangula tria semper finita rAb, rAb, rAd coincident, suntque eo nomine similia & æqualia. Unde & hisce semper similia & proportionalia RAB, RAB, RAD fient ultimo sibi invicem similia & æqualia. *Q. E. D.*



Corol. Et hinc triangula illa, in omni de rationibus ultimis argumentatione, pro se invicem usurpari possunt.

LEMMA

LEMMA IX.

Si recta AE *& curva* ABC *poſitione datæ ſe mutuo ſecent in angulo dato* A, *& ad rectam illam in alio dato angulo ordinatim applicentur* BD, CE, *curvæ occurrentes in* B, C; *dein puncta* B, C *ſimul accedant ad punctum* A: *dico quod areæ triangulorum* ABD, ACE *erunt ultimo ad invicem in duplicata ratione laterum.*

Etenim dum puncta *B, C* accedunt ad punctum *A*, intelligatur ſemper *AD* produci ad puncta longinqua *d* & *e*, ut ſint *Ad*, *Ae* ipſis *AD*, *AE* proportionales, & erigantur ordinatæ *db*, *ec* ordinatis *DB*, *EC* parallelæ quæ occurrant ipſis *AB*, *AC* productis in *b* & *c*. Duci intelligatur, tum curva *Abc* ipſi *ABC* ſimilis, tum recta *Ag*, quæ tangat curvam utramque in *A*, & ſecet ordinatim applicatas *DB*, *EC*, *db*, *ec* in *F*, *G*, *f*, *g*. Tum manente longitudine *Ae* coeant puncta *B, C* cum puncto *A*; & angulo *cAg* evaneſcente, coincident areæ curvilineæ *Abd*, *Ace* cum rectilineis *Afd*, *Age*: adeoque (per Lemma v) erunt in duplicata ratione laterum *Ad*, *Ae*: Sed his areis proportionales ſemper ſunt areæ *ABD*, *ACE*, & his lateribus latera *AD*, *AE*. Ergo & areæ *ABD*, *ACE* ſunt ultimo in duplicata ratione laterum *AD*, *AE*. *Q. E. D.*

LEMMA X.

Spatia quæ corpus urgente quacunque Vi finita deſcribit, ſive Vis illa determinata & immutabilis ſit, ſive eadem continuo augeatur vel continuo diminuatur, ſunt ipſo motus initio in duplicata ratione Temporum.

Exponantur tempora per lineas *AD*, *AE*, & velocitates genitæ per ordinatas *DB*, *EC*; & ſpatia his velocitatibus deſcripta, erunt ut areæ *ABD*, *ACE* his ordinatis deſcriptæ, hoc eſt, ipſo motus initio (per Lemma IX) in duplicata ratione temporum *AD*, *AE*. *Q. E. D.*

Corol.

Corol. 1. Et hinc facile colligitur, quod corporum similes similium Figurarum partes temporibus proportionalibus describentium Errores, qui viribus quibusvis æqualibus ad corpora similiter applicatis generantur, & mensurantur per distantias corporum a Figurarum similium locis illis ad quæ corpora eadem temporibus iisdem proportionalibus absque viribus istis pervenirent, sunt ut quadrata temporum in quibus generantur quam proxime.

Corol. 2. Errores autem qui viribus proportionalibus ad similes Figurarum similium partes similiter applicatis generantur, sunt ut vires & quadrata temporum conjunctim.

Corol. 3. Idem intelligendum est de spatiis quibusvis quæ corpora urgentibus diversis viribus describunt. Hæc sunt, ipso motus initio, ut vires & quadrata temporum conjunctim.

Corol. 4. Ideoque vires sunt ut spatia, ipso motus initio, descripta directe & quadrata temporum inverse.

Corol. 5. Et quadrata temporum sunt ut descripta spatia directe & vires inverse.

Scholium.

Si quantitates indeterminatæ diversorum generum conferantur inter se, & earum aliqua dicatur esse ut est alia quævis directe vel inverse: sensus est, quod prior augetur vel diminuitur in eadem ratione cum posteriore, vel cum ejus reciproca. Et si earum aliqua dicatur esse ut sunt aliæ duæ vel plures directe vel inverse: sensus est, quod prima augetur vel diminuitur in ratione quæ componitur ex rationibus in quibus aliæ vel aliarum reciprocæ augentur vel diminuuntur. Ut si A dicatur esse ut B directe & C directe & D inverse: sensus est, quod A augetur vel diminuitur in eadem ratione cum $B \times C \times \frac{1}{D}$, hoc est, quod A & $\frac{BC}{D}$ sunt ad invicem in ratione data.

LEMMA XI.

Subtensa evanescens anguli contactus, in curvis omnibus curvaturam finitam ad punctum contactus habentibus, est ultimo in ratione duplicata subtensæ arcus contermini.

Cas. 1. Sit arcus ille *AB*, tangens ejus *AD*, subtensa anguli contactus ad tangentem perpendicularis *BD*, subtensa arcus *AB*. Huic subtensæ *AB* & tangenti *AD* perpendiculares erigantur *AG*, *BG*, concur-

concurrentes in *G*; dein accedant puncta *D*, *B*, *G*, ad puncta *d*, *b*, *g*, sitque *J* intersectio linearum *BG*, *AG* ultimo facta ubi puncta *D*, *B* accedunt usque ad *A*. Manifestum est quod distantia *GJ* minor esse potest quam assignata quævis. Est autem (ex natura circulorum per puncta *ABG*, *Abg* transeuntium) *AB quad.* æquale $AG \times BD$, & *Ab quad.* æquale $Ag \times bd$, adeoque ratio *AB quad.* ad *Ab quad.* componitur ex rationibus *AG* ad *Ag* & *BD* ad *bd*. Sed quoniam *GJ* assumi potest minor longitudine quavis assignata, fieri potest ut ratio *AG* ad *Ag* minus differat a ratione æqualitatis quam pro differentia quavis assignata, adeoque ut ratio *AB quad.* ad *Ab quad.* minus differat a ratione *BD* ad *bd* quam pro differentia quavis assignata. Est ergo, per Lemma 1, ratio ultima *AB quad.* ad *Ab quad.* æqualis rationi ultimæ *BD* ad *bd*. *Q. E. D.*

Cas. 2. Inclinetur jam *BD* ad *AD* in angulo quovis dato, & eadem semper erit ratio ultima *BD* ad *bd* quæ prius, adeoque eadem ac *AB quad.* ad *Ab quad.* *Q. E. D.*

Cas. 3. Et quamvis angulus *D* non detur, sed recta *BD* ad datum punctum convergente, vel alia quacunque lege constituatur; tamen anguli *D*, *d* communi lege constituti ad æqualitatem semper vergent & propius accedent ad invicem quam pro differentia quavis assignata, adeoque ultimo æquales erunt, per Lem. 1, & propterea lineæ *BD*, *bd* sunt in eadem ratione ad invicem ac prius. *Q. E. D.*

Corol. 1. Unde cum tangentes *AD*, *Ad*, arcus *AB*, *Ab*, & eorum sinus *BC*, *bc* fiant ultimo chordis *AB*, *Ab* æquales; erunt etiam illorum quadrata ultimo ut subtensæ *BD*, *bd*.

Corol. 2. Eorundem quadrata sunt etiam ultimo ut sunt arcuum sagittæ quæ chordas bisecant & ad datum punctum convergunt. Nam sagittæ illæ sunt ut subtensæ *BD*, *bd*.

Corol. 3. Ideoque sagitta est in duplicata ratione temporis quo corpus data velocitate describit arcum.

Corol. 4. Triangula rectilinea *ADB*, *Adb* sunt ultimo in triplicata ratione laterum *AD*, *Ad*, inque sesquiplicata laterum *DB*, *db*; utpote in composita ratione laterum *AD*, & *DB*, *Ad* & *db* existentia. Sic & triangula *ABC*, *Abc* sunt ultimo in triplicata ratione laterum *BC*, *bc*. Rationem vero Sesquiplicatam voco triplicatæ subduplicatam, quæ nempe ex simplici & subduplicata componitur, quamque alias Sesquialteram dicunt. *Corol.*

Corol. 5. Et quoniam DB, db sunt ultimo parallelæ & in duplicata ratione ipsarum AD, Ad: erunt areæ ultimæ curvilineæ ADB, Adb (ex natura Parabolæ) duæ tertiæ partes triangulorum rectilineorum ADB, Adb; & segmenta AB, Ab partes tertiæ eorundem triangulorum. Et inde hæ areæ & hæc segmenta erunt in triplicata ratione tum tangentium AD, Ad; tum chordarum & arcuum AB, Ab.

Scholium.

Cæterum in his omnibus supponimus angulum contactus nec infinite majorem esse angulis contactuum, quos Circuli continent cum tangentibus suis, nec iisdem infinite minorem; hoc est, curvaturam ad punctum A, nec infinite parvam esse nec infinite magnam, seu intervallum AJ finitæ esse magnitudinis. Capi enim potest DB ut AD^3: quo in casu Circulus nullus per punctum A inter tangentem AD & curvam AB duci potest, proindeque angulus contactus erit infinite minor Circularibus. Et simili argumento si fiat DB successive ut AD^4, AD^5, AD^6, AD^7, &c. habebitur series angulorum contactus pergens in infinitum, quorum quilibet posterior est infinite minor priore. Et si fiat DB successive ut AD^2, $AD^{\frac{3}{2}}$, $AD^{\frac{4}{3}}$, $AD^{\frac{5}{4}}$, $AD^{\frac{6}{5}}$, $AD^{\frac{7}{6}}$, &c. habebitur alia series infinita angulorum contactus, quorum primus est ejusdem generis cum Circularibus, secundus infinite major, & quilibet posterior infinite major priore. Sed & inter duos quosvis ex his angulis potest series utrinque in infinitum pergens angulorum intermediorum inseri, quorum quilibet posterior erit infinite major minorve priore. Ut si inter terminos AD^2 & AD^3 inseratur series $AD^{\frac{13}{6}}$, $AD^{\frac{11}{5}}$, $AD^{\frac{9}{4}}$, $AD^{\frac{7}{3}}$, $AD^{\frac{5}{2}}$, $AD^{\frac{8}{3}}$, $AD^{\frac{11}{4}}$, $AD^{\frac{14}{5}}$, $AD^{\frac{17}{6}}$, &c. Et rursus inter binos quosvis angulos hujus seriei inseri potest series nova angulorum intermediorum ab invicem infinitis intervallis differentium. Neque novit natura limitem.

Quæ de curvis lineis deque superficiebus comprehensis demonstrata sunt, facile applicantur ad solidorum superficies curvas & contenta. Præmisi vero hæc Lemmata, ut effugerem tædium deducendi perplexas demonstrationes, more veterum Geometrarum, ad absurdum. Contractiores enim redduntur demonstrationes per methodum Indivisibilium. Sed quoniam durior est Indivisibilium hypothesis, & propterea methodus illa minus Geometrica censetur; malui demonstrationes rerum sequentium ad ultimas quantitatum eva-

evanescentium summas & rationes, primasque nascentium, id est, ad limites summarum & rationum deducere; & propterea limitum illorum demonstrationes qua potui brevitate præmittere. His enim idem præstatur quod per methodum Indivisibilium; & principiis demonstratis jam tutius utemur. Proinde in sequentibus, siquando quantitates tanquam ex particulis constantes consideravero, vel si pro rectis usurpavero lineolas curvas; nolim indivisibilia, sed evanescentia divisibilia, non summas & rationes partium determinatarum, sed summarum & rationum limites semper intelligi; vimque talium demonstrationum ad methodum præcedentium Lemmatum semper revocari.

Objectio est, quod quantitatum evanescentium nulla sit ultima proportio; quippe quæ, antequam evanuerunt, non est ultima, ubi evanuerunt, nulla est. Sed & eodem argumento æque contendi posset nullam esse corporis ad certum locum pervenientis velocitatem ultimam: hanc enim, antequam corpus attingit locum, non esse ultimam, ubi attingit, nullam esse. Et responsio facilis est: Per velocitatem ultimam intelligi eam, qua corpus movetur neque antequam attingit locum ultimum & motus cessat, neque postea, sed tunc cum attingit; id est, illam ipsam velocitatem quacum corpus attingit locum ultimum & quacum motus cessat. Et similiter per ultimam rationem quantitatum evanescentium, intelligendam esse rationem quantitatum non antequam evanescunt, non postea, sed quacum evanescunt. Pariter & ratio prima nascentium est ratio quacum nascuntur. Et summa prima & ultima est quacum esse (vel augeri & minui) incipiunt & cessant. Extat limes quem velocitas in fine motus attingere potest, non autem transgredi. Hæc est velocitas ultima. Et par est ratio limitis quantitatum & proportionum omnium incipientium & cessantium. Cumque hic limes sit certus & definitus, Problema est vere Geometricum eundem determinare. Geometrica vero omnia in aliis Geometricis determinandis ac demonstrandis legitime usurpantur.

Contendi etiam potest, quod si dentur ultimæ quantitatum evanescentium rationes, dabuntur & ultimæ magnitudines: & sic quantitas omnis constabit ex Indivisibilibus, contra quam *Euclides* de Incommensurabilibus, in libro decimo Elementorum, demonstravit. Verum hæc Objectio falsæ innititur hypothesi. Ultimæ rationes illæ quibuscum quantitates evanescunt, revera non sunt rationes quantitatum ultimarum, sed limites ad quos quantitatum sine limite decrescentium rationes semper appropinquant; & quas propius assequi possunt quam pro data quavis differentia, nunquam vero

 trans-

De Motu Corporum

transgredi, neque prius attingere quam quantitates diminuuntur in infinitum. Res clarius intelligetur in infinite magnis. Si quantitates duæ quarum data est differentia augeantur in infinitum, dabitur harum ultima ratio, nimirum ratio æqualitatis, nec tamen ideo dabuntur quantitates ultimæ seu maximæ quarum ista est ratio. Igitur in sequentibus, siquando facili rerum conceptui consulens dixero quantitates quam minimas, vel evanescentes, vel ultimas; cave intelligas quantitates magnitudine determinatas, sed cogita semper diminuendas sine limite.

SECTIO II.

De Inventione Virium Centripetarum.

PROPOSITIO I. THEOREMA I.

Areas, quas corpora in gyros acta radiis ad immobile centrum virium ductis describunt, & in planis immobilibus consistere, & esse temporibus proportionales.

Dividatur tempus in partes æquales, & prima temporis parte describat corpus vi insita rectam *AB*. Idem secunda temporis parte, si nil impediret, recta pergeret ad *c*, (per Leg. 1.) describens lineam *Bc* æqualem ipsi *AB*; adeo ut radiis *AS*, *BS*, *cS* ad centrum actis, confectæ forent æquales areæ *ASB*, *BSc*. Verum ubi corpus venit ad *B*, agat vis centripeta impulsu unico sed magno, efficiatque ut corpus de recta *Bc* declinet & pergat in recta *BC*. Ipsi *BS* parallela agatur *cC*, occurens *BC* in *C*; & completa secunda temporis parte, corpus (per Legum Corol. 1.) reperietur in *C*, in eodem

eodem plano cum triangulo *ASB*. Junge *SC*; & triangulum *SBC*, ob parallelas *SB*, *Cc*, æquale erit triangulo *SBc*, atque adeo etiam triangulo *SAB*. Simili argumento si vis centripeta successive agat in *C*, *D*, *E*, &c. faciens ut corpus singulis temporis particulis singulas describat rectas *CD*, *DE*, *EF*, &c. jacebunt hæ omnes in eodem plano; & triangulum *SCD* triangulo *SBC*, & *SDE* ipsi *SCD*, & *SEF* ipsi *SDE* æquale erit. Æqualibus igitur temporibus æquales areæ in plano immoto describuntur: & componendo, sunt arearum summæ quævis *SADS*, *SAFS* inter se, ut sunt tempora descriptionum. Augeatur jam numerus & minuatur latitudo triangulorum in infinitum; & eorum ultima perimeter *ADF*, (per Corollarium quartum Lemmatis tertii) erit linea curva: adeoque vis centripeta, qua corpus a tangente hujus curvæ perpetuo retrahitur, aget indesinenter; areæ vero quævis descriptæ *SADS*, *SAFS* temporibus descriptionum semper proportionales, erunt iisdem temporibus in hoc casu proportionales. *Q. E. D.*

Corol. 1. Velocitas corporis in centrum immobile attracti est in spatiis non resistentibus reciproce ut perpendiculum a centro illo in Orbis tangentem rectilineam demissum. Est enim velocitas in locis illis *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, ut sunt bases æqualium triangulorum *AB*, *BC*, *CD*, *DE*, *EF*; & hæ bases sunt reciproce ut perpendicula in ipsas demissa.

Corol. 2. Si arcuum duorum æqualibus temporibus in spatiis non resistentibus ab eodem corpore successive descriptorum chordæ *AB*, *BC* compleantur in parallelogrammum *ABCU*, & hujus diagonalis *BU* in ea positione quam ultimo habet ubi arcus illi in infinitum diminuuntur, producatur utrinque; transibit eadem per centrum virium.

Corol. 3. Si arcuum æqualibus temporibus in spatiis non resistentibus descriptorum chordæ *AB*, *BC* ac *DE*, *EF* compleantur in parallelogramma *ABCU*, *DEFZ*; vires in *B* & *E* sunt ad invicem in ultima ratione diagonalium *BU*, *EZ*, ubi arcus isti in infinitum diminuuntur. Nam corporis motus *BC* & *EF* componuntur (per Legum Corol. 1.) ex motibus *Bc*, *BU* & *Ef*, *EZ*: atqui *BU* & *EZ*, ipsis *Cc* & *Ff* æquales, in Demonstratione Propositionis hujus generabantur ab impulsibus vis centripetæ in B & *E*, ideoque sunt his impulsibus proportionales.

Corol. 4. Vires quibus corpora quælibet in spatiis non resistentibus a motibus rectilineis retrahuntur ac detorquentur in orbes curvos sunt inter se ut arcuum æqualibus temporibus descriptorum sagittæ illæ quæ convergunt ad centrum virium, & chordas bisecant

ubi arcus illi in infinitum diminuuntur. Nam hæ sagittæ sunt semisses diagonalium de quibus egimus in Corollario tertio.

Corol. 5. Ideoque vires cædem sunt ad vim gravitatis, ut hæ sagittæ ad sagittas horizonti perpendiculares arcuum Parabolicorum quos projectilia eodem tempore describunt.

Corol. 6. Eadem omnia obtinent per Legum Corol. IV, ubi plana in quibus corpora moventur, una cum centris virium quæ in ipsis sita sunt, non quiescunt, sed moventur uniformiter in directum.

PROPOSITIO II. THEOREMA II.

Corpus omne, quod movetur in linea aliqua curva in plano descripta, & radio ducto ad punctum vel immobile, vel motu rectilineo uniformiter progrediens, describit areas circa punctum illud temporibus proportionales, urgetur a vi centripeta tendente ad idem punctum.

Cas. 1. Nam corpus omne quod movetur in linea curva, detorquetur de cursu rectilineo per vim aliquam in ipsum agentem (per Leg. I.) Et vis illa qua corpus de cursu rectilineo detorquetur, & cogitur triangula quam minima SAB, SBC, SCD, &c. circa punctum immobile S temporibus æqualibus æqualia describere, agit in loco B secundum lineam parallelam ipsi cC (per Prop. XL, Lib. I Elem. & Leg. II.) hoc est, secundum lineam BS; & in loco C secundum lineam ipsi dD parallelam, hoc est, secundum lineam SC, &c. Agit ergo semper secundum lineas tendentes ad punctum illud immobile S. *Q. E. D.*

Cas. 2. Et, per Legum Corollarium quintum, perinde est sive quiescat superficies in qua corpus describit figuram curvilineam, sive moveatur eadem una cum corpore, figura descripta, & puncto suo S uniformiter in directum.

Corol. 1. In Spatiis vel Mediis non resistentibus, si areæ non sunt temporibus proportionales, vires non tendunt ad concursum radiorum; sed inde declinant in consequentia seu versus plagam in quam fit motus, si modo arearum descriptio acceleratur: sin retardatur, declinant in antecedentia.

Corol. 2. In Mediis etiam resistentibus, si arearum descriptio acceleratur, virium directiones declinant a concursu radiorum versus plagam in quam fit motus.

Scholium

Scholium.

Urgeri poteſt corpus a vi centripeta compoſita ex pluribus viribus. In hoc caſu ſenſus Propoſitionis eſt, quod vis illa quæ ex omnibus componitur, tendit ad punctum *S*. Porro ſi vis aliqua agat perpetuo ſecundum lineam ſuperficiei deſcriptæ perpendicularem; hæc faciet ut corpus deflectatur a plano ſui motus: ſed quantitatem ſuperficiei deſcriptæ nec augebit nec minuet, & propterea in compoſitione virium negligenda eſt.

PROPOSITIO III. THEOREMA III.

Corpus omne, quod radio ad centrum corporis alterius utcunque moti ducto deſcribit areas circa centrum illud temporibus proportionales, urgetur vi compoſita ex vi centripeta tendente ad corpus illud alterum, & ex vi omni acceleratrice qua corpus illud alterum urgetur.

Sit corpus primum *L* & corpus alterum *T*: & (per Legum Corol. VI.) ſi vi nova, quæ æqualis & contraria ſit illi qua corpus alterum *T* urgetur, urgeatur corpus utrumque ſecundum lineas parallelas; perget corpus primum *L* deſcribere circa corpus alterum *T* areas eaſdem ac prius: vis autem, qua corpus alterum *T* urgebatur, jam deſtruetur per vim ſibi æqualem & contrariam; & propterea (per Leg. I.) corpus illud alterum *T* ſibimet ipſi jam relictum vel quieſcet vel movebitur uniformiter in directum: & corpus primum *L* urgente differentia virium, id eſt, urgente vi reliqua perget areas temporibus proportionales circa corpus alterum *T* deſcribere. Tendit igitur (per Theor. II.) differentia virium ad corpus illud alterum *T* ut centrum. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc ſi corpus unum *L* radio ad alterum *T* ducto deſcribit areas temporibus proportionales; atque de vi tota (ſive ſimplici, ſive ex viribus pluribus, juxta Legum Corollarium ſecundum, compoſita,) qua corpus prius *L* urgetur, ſubducatur (per idem Legum Corollarium) vis tota acceleratrix qua corpus alterum urgetur: vis omnis reliqua qua corpus prius urgetur tendet ad corpus alterum *T* ut centrum.

Corol. 2. Et, ſi areæ illæ ſunt temporibus quamproxime proportionales, vis reliqua tendet ad corpus alterum *T* quamproxime.

Corol. 3. Et vice verſa, ſi vis reliqua tendit quamproxime ad

corpus

corpus alterum *T*, erunt areæ illæ temporibus quamproxime proportionales.

Corol. 4. Si corpus *L* radio ad alterum corpus *T* ducto describit areas quæ, cum temporibus collatæ, sunt valde inæquales; & corpus illud alterum *T* vel quiescit vel movetur uniformiter in directum: actio vis centripetæ ad corpus illud alterum *T* tendentis, vel nulla est, vel miscetur & componitur cum actionibus admodum potentibus aliarum virium: Visque tota ex omnibus, si plures sunt vires, composita, ad aliud (sive immobile sive mobile) centrum dirigitur. Idem obtinet, ubi corpus alterum motu quocunque movetur; si modo vis centripeta sumatur, quæ restat post subductionem vis totius in corpus illud alterum *T* agentis.

Scholium.

Quoniam æquabilis arearum descriptio Index est Centri, quod vis illa respicit qua corpus maxime afficitur, quaque retrahitur a motu rectilineo & in orbita sua retinetur: quidni usurpemus in sequentibus æquabilem arearum descriptionem, ut Indicem Centri circum quod motus omnis circularis in spatiis liberis peragitur?

PROPOSITIO IV. THEOREMA IV.

Corporum, quæ diversos circulos æquabili motu describunt, vires centripetas ad centra eorundem circulorum tendere; & esse inter se, ut sunt arcuum simul descriptorum quadrata applicata ad circulorum radios.

Tendunt hæ vires ad centra circulorum per Prop. II. & Corol. II. Prop. I; & sunt inter se ut arcuum æqualibus temporibus quam minimis descriptorum sinus versi per Corol. IV. Prop. I; hoc est, ut quadrata arcuum eorundem ad diametros circulorum applicata per Lem. VII: & propterea, cum hi arcus sint ut arcus temporibus quibusvis æqualibus descripti, & diametri sint ut eorum radii; vires erunt ut arcuum quorumvis simul descriptorum quadrata applicata ad radios circulorum. *Q. E. D.*

Corol. 1. Igitur, cum arcus illi sint ut velocitates corporum, vires centripetæ sunt ut velocitatum quadrata applicata ad radios circulorum: hoc est, ut cum Geometris loquar, vires sunt in ratione composita ex duplicata ratione velocitatum directe & ratione simplici radiorum inverse.

Corol

Corol. 2. Et, cum tempora periodica sint in ratione composita ex ratione radiorum directe & ratione velocitatum inverse, vires centripetæ sunt reciproce ut quadrata temporum periodicorum applicata ad circulorum radios; hoc est, in ratione composita ex ratione radiorum directe & ratione duplicata temporum periodicorum inverse.

Corol. 3. Unde, si tempora periodica æquentur & propterea velocitates sint ut radii; erunt etiam vires centripetæ ut radii: & contra.

Cor. 4. Si & tempora periodica & velocitates sint in ratione subduplicata radiorum; æquales erunt vires centripetæ inter se: & contra.

Corol. 5. Si tempora periodica sint ut radii & propterea velocitates æquales; vires centripetæ erunt reciproce ut radii: & contra.

Corol. 6. Si tempora periodica sint in ratione sesquiplicata radiorum & propterea velocitates reciproce in radiorum ratione subduplicata; vires centripetæ erunt reciproce ut quadrata radiorum: & contra.

Corol. 7. Et universaliter, si tempus periodicum sit ut Radii R potestas quælibet R^n, & propterea velocitas reciproce ut Radii potestas R^{n-1}; erit vis centripeta reciproce ut Radii potestas R^{2n-1}: & contra.

Corol. 8. Eadem omnia de temporibus, velocitatibus, & viribus, quibus corpora similes figurarum quarumcunque similium, centraque in figuris illis similiter posita habentium, partes describunt, consequuntur ex Demonstratione præcedentium ad hosce casus applicata. Applicatur autem substituendo æquabilem arearum descriptionem pro æquabili motu, & distantias corporum a centris pro radiis usurpando.

Corol. 9. Ex eadem demonstratione consequitur etiam; quod arcus, quem corpus in circulo data vi centripeta uniformiter revolvendo tempore quovis describit, medius est proportionalis inter diametrum circuli, & descensum corporis eadem data vi eodemque tempore cadendo confectum.

Scholium.

Casus Corollarii sexti obtinet in corporibus cælestibus, (ut seorsum collegerunt etiam nostrates *Wrennus*, *Hookius* & *Hallæus*) & propterea quæ spectant ad vim centripetam decrescentem in duplicata ratione distantiarum a centris, decrevi fusius in sequentibus exponere.

Porro

Porro præcedentis propositionis & corollariorum ejus beneficio, colligitur etiam proportio vis centripetæ ad vim quamlibet notam, qualis est ea Gravitatis. Nam si corpus in circulo Terræ concentrico vi gravitatis suæ revolvatur, hæc gravitas est ipsius vis centripeta. Datur autem, ex descensu gravium, & tempus revolutionis unius, & arcus dato quovis tempore descriptus, per hujus Corol. IX. Et hujusmodi propositionibus *Hugenius*, in eximio suo Tractatu *de Horologio Oscillatorio*, vim gravitatis cum revolventium viribus centrifugis contulit.

Demonstrari etiam possunt præcedentia in hunc modum. In circulo quovis describi intelligatur Polygonum laterum quotcunque. Et si corpus, in polygoni lateribus data cum velocitate movendo, ad ejus angulos singulos a circulo reflectatur; vis qua singulis reflexionibus impingit in circulum erit ut ejus velocitas: adeoque summa virium in dato tempore erit ut velocitas illa & numerus reflexionum conjunctim: hoc est (si polygonum detur specie) ut longitudo dato illo tempore descripta & longitudo eadem applicata ad Radium circuli; id est, ut quadratum longitudinis illius applicatum ad Radium: adeoque, si polygonum lateribus infinite diminutis coincidat cum circulo, ut quadratum arcus dato tempore descripti applicatum ad radium. Hæc est vis centrifuga, qua corpus urget circulum: & huic æqualis est vis contraria, qua circulus continuo repellit corpus centrum versus.

PROPOSITIO. V. PROBLEMA I.

Data quibuscunque in locis velocitate, qua corpus figuram datam viribus ad commune aliquod centrum tendentibus describit, centrum illud invenire.

Figuram descriptam tangant rectæ tres PT, TQV, VR in punctis totidem P, Q, R, concurrentes in T & V. Ad tangentes erigantur perpendicula PA, QB, RC, velocitatibus corporis in punctis illis P, Q, R a quibus eriguntur reciproce proportionalia; id est, ita ut sit PA ad QB ut velocitas in Q ad velocitatem in P, & QB ad RC ut velocitas in R ad velocitatem in Q. Per perpendiculorum terminos A, B, C ad angulos rectos ducantur AD, DBE, EC concurrentes in D & E: Et actæ TD, VE concurrent in centro quæsito S.

Nam

Nam perpendicula a centro S in tangentes PT, QT demissa (per Corol. 1. Prop. I.) sunt reciproce, ut velocitates corporis in punctis P & V; adeoque per constructionem ut perpendicula AP, BQ directe, id est ut perpendicula a puncto D in tangentes demissa. Unde facile colligitur quod puncta S, D, T, sunt in una recta. Et simili argumento puncta S, E, V sunt etiam in una recta; & propterea centrum S in concursu rectarum TD, VE versatur. *Q. E. D.*

PROPOSITIO VI. THEOREMA V.

Si corpus in spatio non resistente circa centrum immobile in Orbe quocunque revolvatur, & arcum quemvis jamjam nascentem tempore quàm minimo describat, & sagitta arcus duci intelligatur quæ chordam bisecet, & producta transeat per centrum virium: erit vis centripeta in medio arcus, ut sagitta directe & tempus bis inverse.

Nam sagitta dato tempore est ut vis (per Corol. 4 Prop. 1,) & augendo tempus in ratione quavis, ob auctum arcum in eadem ratione sagitta augetur in ratione illa duplicata (per Corol. 2 & 3, Lem. XI,) adeoque est ut vis semel & tempus bis. Subducatur duplicata ratio temporis utrinque, & fiet vis ut sagitta directe & tempus bis inverse. *Q. E. D.*

Idem facile demonstratur etiam per Corol. 4 Lem. X.

Corol. 1. Si corpus P revolvendo circa centrum S describat lineam curvam APQ, tangat verò recta ZPR curvam illam in puncto quovis P, & ad tangentem ab alio quovis Curvæ puncto Q agatur QR distantiæ SP parallela, ac demittatur QT perpendicularis ad distantiam illam SP: vis centripeta erit reciproce ut solidum $\frac{SP\ quad. \times QT\ quad.}{QR}$ si modo solidi illius ea semper sumatur quantitas, quæ ultimò fit ubi coeunt puncta P & Q. Nam QR æqualis

est

est sagittæ dupli arcus QP, in cujus medio est P, & duplum trianguli SQP sive $SP \times QT$, tempori quo arcus iste duplus describitur proportionale est, ideoque pro temporis exponente scribi potest.

Corol. 2. Eodem argumento vis centripeta est reciprocè ut solidum $\frac{STq \times QPq}{QR}$, si modo ST perpendiculum sit a centro virium in Orbis tangentem PR demissum. Nam rectangula $ST \times QP$ & $SP \times QT$ æquantur.

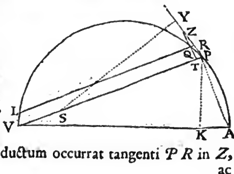
Corol. 3. Si Orbis vel circulus est, vel angulum contactus cum circulo quam minimum continet, eandem habens curvaturam eundemque radium curvaturæ ad punctum contactus P; & si PV chorda sit circuli hujus a corpore per centrum virium acta: erit vis centripeta reciproce ut solidum $STq \times PV$. Nam PV est $\frac{QPq}{QR}$.

Corol. 4. Iisdem positis, est vis centripeta ut velocitas bis directe, & chorda illa inverse. Nam velocitas est reciproce ut perpendiculum ST per Corol. 1 Prop. 1.

Corol. 5. Hinc si detur figura quævis curvilinea APQ, & in ea detur etiam punctum S ad quod vis centripeta perpetuò dirigitur, inveniri potest lex vis centripetæ, qua corpus quodvis P a cursu rectilineo perpetuò retractum in figuræ illius perimetro detinebitur eamque revolvendo describet. Nimirum computandum est vel solidum $\frac{SPq \times QTq}{QR}$ vel solidum $STq \times PV$ huic vi reciproce proportionale. Ejus rei dabimus exempla in Problematis sequentibus.

PROPOSITIO VII. PROBLEMA II.

Gyretur corpus in circumferentia Circuli, requiritur Lex vis centripetæ tendentis ad punctum quodcunque datum.



Esto Circuli circumferentia $VQPA$, punctum datum ad quod vis ceu ad centrū suū tendit S, corpus in circumferentia latum P, locus proximus in quem movebitur Q, & circuli tangens ad locum priorem PRZ. Per punctum S ducatur chorda PV, & acta circuli diametro VA jungatur AP, & ad SP demittatur perpendiculum QT, quod productum occurrat tangenti PR in Z,

ac

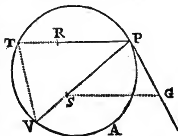
ac denique per punctum Q agatur LR quæ ipsi SP parallela sit & occurrat tum circulo in L tum tangenti PZ in R. Et ob similia triangula ZQR, ZTP, VPA; erit RP *quad.* hoc est QRL ad QT *quad.* ut AV *quad.* ad PV *quad.* Ideoque $\frac{QRL \times PV\ quad.}{AV\ quad.}$ æquatur QT *quad.* Ducantur hæc æqualia in $\frac{SP\ quad.}{QR}$ &, punctis P & Q coeuntibus, scribatur PV pro RL. Sic fiet $\frac{SP\ quad. \times PV\ cub.}{AV\ quad.}$ æquale $\frac{SP\ quad. \times QT\ quad.}{QR}$ Ergo (per Corol. 1 & 5 Prop. VI.) vis centripeta est reciproce ut $\frac{SPq \times PV\ cub.}{AV\ quad}$ id est, (ob datum AV *quad.*) reciproce ut quadratum distantiæ seu altitudinis SP & cubus chordæ PV conjunctim. *Q.E.I.*

Idem aliter.

Ad tangentem PR productam demittatur perpendiculum ST, & ob similia triangula STP, VPA; erit AV ad PV ut SP ad ST, ideoque $\frac{SP \times PV}{AV}$ æquale ST, & $\frac{SP\ quad. \times PV\ cub.}{AV\ quad.}$ æquale $ST\ quad. \times PV$. Et propterea (per Corol. 3 & 5 Prop. VI.) vis centripeta est reciproce ut $\frac{SPq \times PV\ cub.}{AVq}$ hoc est, ob datam AV, reciproce ut $SPq \times PV\ cub.$ *Q.E.I.*

Corol. 1. Hinc si punctum datum S ad quod vis centripeta semper tendit, locetur in circumferentia hujus circuli, puta ad V; erit vis centripeta reciproce ut quadrato-cubus altitudinis SP.

Corol. 2. Vis qua corpus P in circulo $APTV$ circum virium centrum S revolvitur, est ad vim qua corpus idem P in eodem circulo & eodem tempore periodico circum aliud quodvis virium centrum R revolvi potest, ut $RP\ quad. \times SP$ ad cubum rectæ SG quæ a primo virium centro S ad orbis tangentem PG ducitur, & distantiæ corporis a secundo virium centro parallela est. Nam, per constructionem hujus Propositionis, vis prior est ad vim posteriorem, ut $RPq \times PT\ cub.$ ad $SPq \times PV\ cub.$ id



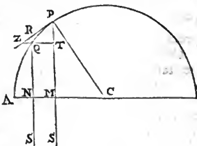
id est, ut $SP \times RPq$ ad $\frac{SP\,cub. \times PV\,cub.}{PT\,cub.}$ five (ob fimilia triangula PSG, TPV) ad $SG\,cub.$

Corol. 3. Vis, qua corpus P in Orbe quocunque circum virium centrum S revolvitur, eft ad vim qua corpus idem P in eodem orbe eodemque tempore periodico circum aliud quodvis virium centrum R revolvi poteft, ut $SP \times RPq$ contentum utique fub diftantia corporis a primo virium centro S & quadrato diftantiæ ejus a fecundo virium centro R ad cubum rectæ SG quæ a primo virium centro S ad orbis tangentem PG ducitur, & corporis a fecundo virium centro diftantiæ RP parallela eft. Nam vires in hoc Orbe, ad ejus punctum quodvis P, eædem funt ac in Circulo ejufdem curvaturæ.

PROPOSITIO. VIII. PROBLEMA. III.

Moveatur corpus in Circulo PQA: *ad hunc effectum requiritur Lex vis centripetæ tendentis ad punctum adeo longinquum* S, *ut lineæ omnes* PS, RS *ad id ductæ, pro parallelis haberi poffint.*

A Circuli centro C agatur femidiameter CA parallelas iftas perpendiculariter fecans in M & N, & jungatur CP. Ob fimilia triangula CPM, PZT & RZQ eft CPq ad PMq ut PRq ad QTq & ex natura Circuli PRq æquale eft rectangulo $QR \times RN + QN$ five coeuntibus punctis P, Q rectangulo $QR \times 2PM$. Ergo eft CPq ad $PM\,quad.$ ut $QR \times 2PM$ ad $QT\,quad.$ adeoque $\frac{QT\,quad.}{QR}$



æquale $\frac{2PM\,cub.}{CP\,quad.}$, & $\frac{QT\,quad. \times SP\,quad.}{QR}$ æquale $\frac{2PM\,cub. \times SP\,qu.}{CP\,quad.}$ Eft ergo (per Corol. 1 & 5 Prop. VI.) vis centripeta reciproce ut $\frac{2PM\,cub. \times SP\,quad.}{CP\,quad.}$ hoc eft (neglecta ratione determinata $\frac{2SP\,quad.}{CP\,quad.}$) reciproce ut $PM\,cub.$ *Q. E. I.*

Idem facile colligitur etiam ex Propofitione præcedente.

Scho-

Scholium.

Et simili argumento corpus movebitur in Ellipsi vel etiam in Hyperbola vel Parabola, vi centripeta quæ sit reciproce ut cubus ordinatim applicatæ ad centrum virium maxime longinquum tendentis.

PROPOSITIO IX. PROBLEMA IV.

Gyretur corpus in Spirali PQS *secante radios omnes* SP, SQ, *&c. in angulo dato: requiritur Lex vis centripetæ tendentis ad centrum Spiralis.*



Detur angulus indefinite parvus PSQ, & ob datos omnes angulos dabitur specie figura $SPQRT$. Ergo datur ratio $\frac{QT}{QR}$, estque $\frac{QT\ quad.}{QR}$ ut QT, hoc est ut SP. Mutetur jam utcunque angulus PSQ, & recta QR angulum contactus QPR subtendens mutabitur (per Lemma XI.) in duplicata ratione ipsius PR vel QT. Ergo manebit $\frac{QT\ quad.}{QR}$ eadem quæ prius, hoc est ut SP. Quare $\frac{QTq. \times SPq}{QR}$ est ut SP *cub.* adeoque (per Corol. 1 & 5 Prop. VI.) vis centripeta est reciproce ut cubus distantiæ SP. *Q. E. I.*

Idem aliter.

Perpendiculum ST in tangentem demissum, & circuli Spiralem tangentis chorda PV sunt ad altitudinem SP in datis rationibus; ideoque SP *cub.* est ut $STq \times PV$, hoc est (per Corol. 3 & 5 Prop. VI.) reciproce ut vis centripeta.

LEMMA XII.

Parallelogramma omnia, circa datæ Ellipseos vel Hyperbolæ diametros quasvis conjugatas descripta, esse inter se æqualia.

Constat ex Conicis.

PRO-

PROPOSITIO X. PROBLEMA. V.

Gyretur corpus in Ellipsi: requiritur lex vis centripetæ tendentis ad centrum Ellipseos.

Sunto CA, CB semiaxes Ellipseos; GP, DK diametri conjugatæ; PF, Qt perpendicula ad diametros; Qv ordinatim applicata ad diametrum GP; & si compleatur parallelogrammum $QvPR$, erit (ex Conicis) PvG ad Qv *quad.* ut PC *quad.* ad CD *quad.* & (ob similia triangula Qvt, PCF) Qv *quad.* est ad Qt *quad.* ut PC *quad.* ad PF *quad.* & conjunctis rationibus, PvG ad Qt *quad.* ut PC *quad.* ad CD *quad.* & PC *quad.* ad PF *quad.* id est, vG ad $\frac{Qt\ quad.}{Pv}$ ut PC *quad.* ad $\frac{CDq \times PFq}{PCq}$. Scribe QR pro Pv, & (per Lemma XII.) $BC \times CA$ pro $CD \times PF$, nec non, punctis P & Q coeuntibus, $2PC$ pro vG, & ductis extremis & mediis in se mutuo, fiet $\frac{Qt\ quad. \times PCq}{QR}$ æquale $\frac{2BCq \times CAq}{PC}$. Est ergo (per Corol. 5 Prop. VI.) vis centripeta reciproce ut $\frac{2BCq \times CAq}{PC}$; id est (ob datum $2BCq \times CAq$) reciproce ut $\frac{1}{PC}$; hoc est, directe ut distantia PC. *Q. E. I.*

Idem aliter.

In PG ab altera parte puncti t posita intelligatur tu æqualis ipsi tv; deinde cape uV quæ sit ad vG ut est DC *quad.* ad PC *quad.* Et quoniam ex Conicis est Qv *quad.* ad PvG, ut DC *quad.* ad PC *quad:* erit Qv *quad.* æquale $Pv \times uV$. Unde quadratum chor-

dæ

dæ arcus PQ erit æquale rectangulo VPv; adeoque Circulus qui tangit Sectionem Conicam in P & transit per punctum Q, transibit etiam per punctum V. Coeant puncta P & Q, & hic circulus ejusdem erit curvaturæ cum sectione conica in P, & PV æqualis erit $\frac{2DCq}{PC}$. Proinde vis qua corpus P in Ellipsi revolvitur, erit reciproce ut $\frac{2DCq}{PC}$ in PFq (per Corol. 3 Prop. VI.) hoc est (ob datum $2DCq$ in PFq) directe ut PC. *Q. E. I.*

Corol. 1. Est igitur vis ut distantia corporis a centro Ellipseos: & vicissim, si vis sit ut distantia, movebitur corpus in Ellipsi centrum habente in centro virium, aut forte in Circulo, in quem utique Ellipsis migrare potest.

Corol. 2. Et æqualia erunt revolutionum in Ellipsibus universis circum centrum idem factarum periodica tempora. Nam tempora illa in Ellipsibus similibus æqualia sunt per Corol. 3 & 8, Prop. IV: in Ellipsibus autem communem habentibus axem majorem, sunt ad invicem ut Ellipseon areæ totæ directe & arearum particulæ simul descriptæ inverse; id est, ut axes minores directe & corporum velocitates in verticibus principalibus inverse; hoc est, ut axes illi minores directe & ordinatim applicatæ ad axes alteros inverse; & propterea (ob æqualitatem rationum directarum & inversarum) in ratione æqualitatis.

Scholium.

Si Ellipsis, centro in infinitum abeunte vertatur in Parabolam, corpus movebitur in hac Parabola; & vis ad centrum infinite distans jam tendens evadet æquabilis. Hoc est Theorema *Galilæi*. Et si coni sectio Parabolica, inclinatione plani ad conum sectum mutata, vertatur in Hyperbolam, movebitur corpus in hujus perimetro, vi centripeta in centrifugam versa. Et quemadmodum in Circulo vel Ellipsi, si vires tendunt ad centrum figuræ in Abscissa positum, hæ vires augendo vel diminuendo Ordinatas in ratione quacunque data, vel etiam mutando angulum inclinationis Ordinatarum ad Abscissam, semper augentur vel diminuuntur in ratione distantiarum a centro, si modo tempora periodica maneant æqualia: sic etiam in figuris universis, si Ordinatæ augeantur vel diminuantur in ratione quacunque data, vel angulus ordinationis utcunque mutetur, manente tempore periodico; vires ad centrum quodcunque in Abscissa positum tendentes augentur vel diminuuntur in ratione distantiarum a centro.

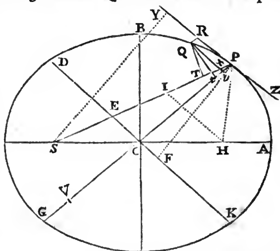
SECTIO III.

De motu Corporum in Conicis Sectionibus excentricis.

PROPOSITIO XI. PROBLEMA VI.

Revolvatur corpus in Ellipsi: requiritur Lex vis centripetæ tendentis ad umbilicum Ellipseos.

Esto Ellipseos umbilicus *S*. Agatur *SP* secans Ellipseos tum diametrum *DK* in *E*, tum ordinatim applicatam *Qv* in *x*, & compleatur parallelogrammum *QxPR*. Patet *EP* æqualem esse semiaxi majori *AC*, eo quod acta ab altero Ellipseos umbilico *H* linea *HI* ipsi *EC* parallela, (ob æquales *CS*, *CH*) æquentur *ES*, *EI*, adeo ut *EP* semisumma sit ipsarum *PS*, *PI*, id est (ob parallelas *HI*, *PR* & angulos æquales *IPR*, *HPZ*) ipsarum *PS*, *PH*, quæ cõjunctim axem totum 2 *AC* adæquant. Ad *SP* demittatur perpendicularis *QT*, & Ellipseos latere recto principali (seu $\frac{2\,BC\,quad.}{AC}$) dicto *L*, erit $L \times QR$ ad $L \times Pv$ ut *QR* ad *Pv*, id est ut *PE* seu *AC* ad *PC*; & $L \times Pv$ ad *GvP* ut *L* ad *Gv*; & *GvP* ad *Qv quad.* ut *PC quad.* ad *CD quad*; & (per Corol. 2 Lem. VII.) *Qv quad.* ad *Qx quad*, punctis *Q* & *P* coeuntibus, est ratio æqualitatis; & *Qx quad.* seu *Qv quad.* est ad *QT quad.* ut *EP quad.* ad *PF quad*, id est ut *CA quad.* ad *PF quad.* sive (per Lem XII.) ut *CD quad.* ad *CB quad.* Et conjunctis his omnibus rationibus, $L \times QR$ fit ad *QT quad.* ut $AC \times L \times PCq. \times CDq.$ seu $2\,CBq. \times PCq. \times CDq.$ ad $PC \times Gv \times CDq. \times CBq.$ sive ut 2 *PC* ad *Gv*.



Sed,

Sed, punctis Q & P coeuntibus, æquatur $2\,PC$ & Gv. Ergo & his proportionalia $L \times QR$ & $QT\ quad.$ æquantur. Ducantur hæc æqualia in $\frac{SPq}{QR}$ & fiet $L \times SPq.$ æquale $\frac{SPq. \times QTq}{QR}$. Ergo (per Corol. 1 & 5 Prop. VI.) vis centripeta reciproce est ut $L \times SPq.$ id est, reciproce in ratione duplicata distantiæ SP. *Q.E.I.*

Idem aliter.

Cum vis ad centrum Ellipseos tendens, qua corpus P in Ellipsi illa revolvi potest, sit (per Corol. 1 Prop. X) ut CP distantia corporis ab Ellipseos centro C; ducatur CE parallela Ellipseos tangenti PR: & vis qua corpus idem P, circum aliud quodvis Ellipseos punctum S revolvi potest, si CE & PS concurrant in E, erit ut $\frac{PE\ cub.}{SPq}$ (per Corol. 3 Prop. VII,) hoc est, si punctum S sit umbilicus Ellipseos, adeoque PE detur, ut SPq reciproce. *Q.E.I.*

Eadem brevitate qua traduximus Problema quintum ad Parabolam, & Hyperbolam, liceret idem hic facere: verum ob dignitatem Problematis & usum ejus in sequentibus, non pigebit casus ceteros demonstratione confirmare.

PROPOSITIO XII. PROBLEMA. VII.

Moveatur corpus in Hyperbola: requiritur Lex vis centripetæ tendentis ad umbilicum figuræ.

Sunto CA, CB semi-axes Hyperbolæ; PG, KD diametri conjugatæ; PF, Qt perpendicula ad diametros; & Qv ordinatim applicata ad diametrum GP. Agatur SP secans cum diametrum DK in E, tum ordinatim applicatam Qv in x, & compleatur parallelogrammum $QRPx$. Patet EP æqualem esse semiaxi transverso AC, eo quod, acta ab altero Hyperbolæ umbilico H linea HI ipsi EC parallela, ob æquales CS, CH, æquentur ES, EI; adeo ut EP semidifferentia sit ipsarum PS, PI, id est (ob parallelas IH, PR & angulos æquales IPR, HPZ) ipsarum PS, PH, quarum differentia axem totum $2\,AC$ adæquat. Ad SP demittatur perpendicularis QT. Et Hyperbolæ latere recto principali (seu $\frac{2\,BCq}{AC}$) dicto L, erit $L \times QR$ ad $L \times Pv$ ut QR ad Pv, id est, ut PE seu AC ad PC; Et $L \times Pv$ ad $Gv\,P$ ut L ad

 Gv;

Gv; & GvP ad Qv *quad.* ut $PCq.$ ad CDq; & (per Corol. 2. Lem. VII.) Qv *quad.* ad Qx *quad.* punctis Q & P coeuntibus fit ratio æqualitatis; & Qx *quad.* seu Qv *quad.* est ad $QTq.$ ut $EPq.$ ad PFq, id est ut CAq, ad PFq, sive (per Lem. XII.) ut CDq, ad CBq: & conjunctis his omnibus rationibus $L \times QR$ fit ad $QTq.$ ut $AC \times L \times PCq \times CDq$ seu $2CBq \times PCq \times CDq$ ad $PC \times Gv \times CDq \times CB$ *quad.* sive ut $2PC$ ad Gv. Sed punctis P & Q coeuntibus æquantur $2PC$ & Gv. Ergo & his proportionalia $L \times QR$ & $QTq.$ æquantur. Ducantur hæc æqualia in $\frac{SPq}{QR}$, & fiet $L \times SPq.$ æquale $\frac{SPq \times QTq}{QR}$. Ergo (per Corol. 1 & 5 Prop. VI.) vis centripeta reciproce est ut $L \times SPq$, id est reciproce in ratione duplicata distantiæ SP. *Q. E. I.*

Idem

Idem aliter.

Inveniatur vis quæ tendit ab Hyperbolæ centro C. Prodibit hæc distantiæ CP proportionalis. Inde vero (per Corol. 3 Prop. VII.) vis ad umbilicum S tendens erit ut $\frac{PE\,cub}{SPq}$, hoc est, ob datam PE, reciproce ut SPq. *Q.E.I.*

Eodem modo demonstratur quod corpus, hac vi centripeta in centrifugam versa, movebitur in Hyperbola conjugata.

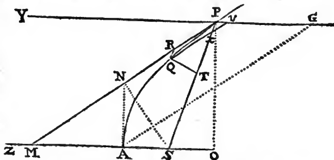
LEMMA XIII.

Latus rectum Parabolæ ad verticem quemvis pertinens, est quadruplum distantiæ verticis illius ab umbilico figuræ. Patet ex Conicis.

LEMMA XIV.

Perpendiculum quod ab umbilico Parabolæ ad tangentem ejus demittitur, medium est proportionale inter distantias umbilici a puncto contactus & a vertice principali figuræ.

Sit enim AQP Parabola, S umbilicus ejus, A vertex principalis P punctum contactus, PO ordinatim applicata ad diametrum principalem, PM tangens diametro principali occurrens in M, & SN, linea perpendicularis ab umbilico in tangentem.



Jungatur AN, & ob æquales MS & SP, MN & NP, MA & AO, parallelæ erunt rectæ AN & OP, & inde triangulum SAN rectangulum erit ad A & simile triangulis æqualibus SNM, SNP: Ergo PS est ad SN, ut SN ad SA. *Q. E. D.*

Corol. 1. $PSq.$ est ad $SNq.$ ut PS ad SA.

Corol. 2. Et ob datam SA, est $SNq.$ ut PS.

Corol. 3. Et concursus tangentis cujusvis PM cum recta SN, quæ ab umbilico in ipsam perpendicularis est, incidit in rectam AN, quæ Parabolam tangit in vertice principali.

PROPOSITIO. XIII. PROBLEMA VIII.

Moveatur corpus in perimetro Parabolæ: requiritur Lex vis centripetæ tendentis ad umbilicum hujus figuræ.

Maneat constructio Lemmatis, sitque P corpus in perimetro Parabolæ, & a loco Q in quem corpus proxime movetur, age ipsi SP parallelam QR & perpendicularem QT, necnon Qv tangenti parallelam & occurrentem tum diametro YPG in v, tum distantiæ SP in x. Jam ob similia triangula Pxv, SPM & æqualia unius latera SM, SP, æqualia sunt alterius latera Px seu QR & Pv. Sed, ex Conicis, quadratum ordinatæ Qv æquale est rectangulo sub latere recto & segmento diametri Pv, id est (per Lem. XIII.) rectangulo $4PS \times Pv$, seu $4PS \times QR$; & punctis P & Q coeuntibus, ratio Qv ad Qx per (per Corol. 2 Lem. VII.) fit ratio æqualitatis. Ergo $Qx\,quad.$ eo in casu, æquale est rectangulo $4PS \times QR$. Est autem (ob similia triangula QxT, SPN) $Qxq.$ ad $QTq.$ ut $PSq.$ ad $SNq.$ hoc est (per Corol. 1. Lem. XIV.) ut PS ad SA, id est ut $4PS \times QR$ ad $4SA \times QR$, & inde (per Prop. IX. Lib. V. Elem.) $QTq.$ & $4SA \times QR$ æquantur. Ducantur hæc æqualia in $\frac{SPq.}{QR}$, & fiet $\frac{SPq. \times QTq.}{QR}$ æquale $SPq. \times 4SA$: & propterea (per Corol. 1 & 5 Prop. VI.) vis centripeta est reciproce ut $SPq. \times 4SA$, id est, ob datam $4SA$, reciproce in duplicata ratione distantiæ SP. *Q.E.I.*

Corol.

Corol. 1. Ex tribus novissimis Propositionibus consequens est, quod si corpus quodvis *P*, secundum lineam quamvis rectam *PR*, quacunque cum velocitate exeat de loco *P*, & vi centripeta quæ sit reciproce proportionalis quadrato distantiæ locorum a centro, simul agitetur; movebitur hoc corpus in aliqua sectionum Conicarum umbilicum habente in centro virium; & contra. Nam datis umbilico & puncto contactus & positione tangentis, describi potest sectio Conica quæ curvaturam datam ad punctum illud habebit. Datur autem curvatura ex data vi centripeta: & Orbes duo se mutuo tangentes, eadem vi centripeta describi non possunt.

Corol. 2. Si velocitas, quacum corpus exit de loco suo *P*, ea sit, qua lineola *PR* in minima aliqua temporis particula describi possit, & vis centripeta potis sit eodem tempore corpus idem movere per spatium *QR*: movebitur hoc corpus in Conica aliqua sectione, cujus latus rectum principale est quantitas illa $\frac{QTq.}{QR}$ quæ ultimo fit ubi lineolæ *PR*, *QR* in infinitum diminuuntur. Circulum in his Corollariis refero ad Ellipsin, & casum excipio ubi corpus recta descendit ad centrum.

PROPOSITIO XIV. THEOREMA VI.

Si corpora plura revolvantur circa centrum commune, & vis centripeta sit reciproce in duplicata ratione distantiæ locorum a centro; dico quod Orbium Latera recta principalia sunt in duplicata ratione arearum quas corpora, radiis ad centrum ductis, eodem tempore describunt.

Nam, per Corol. 2. Prop. XIII, Latus rectum *L* æquale est quantitati $\frac{QTq.}{QR}$ quæ ultimo fit ubi coeunt puncta *P* & *Q*. Sed linea minima *QR*, dato tempore, est ut vis centripeta generans, hoc est (per Hypothesin) reciproce ut SPq. Ergo $\frac{QTq.}{QR}$ est ut $QTq. \times SPq.$ hoc est, latus rectum *L* in duplicata ratione areæ $QT \times SP$. *Q. E. D.*

Corol.

Corol. Hinc Ellipseos area tota, eique proportionale rectangulum sub axibus, est in ratione composita ex subduplicata ratione lateris recti & ratione temporis periodici. Namque area tota est ut area $QT \times SP$ ducta in tempus periodicum.

PROPOSITIO XV. THEOREMA VII.

Iisdem positis, dico quod Tempora periodica in Ellipsibus sunt in ratione sesquiplicata majorum axium.

Namque axis minor est medius proportionalis inter axem majorem & latus rectum, atque adeo rectangulum sub axibus est in ratione composita ex subduplicata ratione lateris recti & sesquiplicata ratione axis majoris. Sed hoc rectangulum, per Corollarium Prop. XIV. est in ratione composita ex subduplicata ratione lateris recti & ratione periodici temporis. Dematur utrobique subduplicata ratio lateris recti, & manebit sesquiplicata ratio majoris axis æqualis rationi periodici temporis. *Q. E. D.*

Corol. Sunt igitur tempora periodica in Ellipsibus eadem ac in Circulis, quorum diametri æquantur majoribus axibus Ellipseon.

PROPOSITIO XVI. THEOREMA VIII.

Iisdem positis, & actis ad corpora lineis rectis, quæ ibidem tangant Orbitas, demissisque ab umbilico communi ad has tangentes perpendicularibus: dico quod Velocitates corporum sunt in ratione composita ex ratione perpendiculorum inverse & subduplicata ratione laterum rectorum principalium directe.

Ab umbilico S ad tangentem PR demitte perpendiculum ST & velocitas corporis P erit reciproce in subduplicata ratione quantitatis $\frac{STq}{L}$. Nam velocitas illa est ut arcus quam minimus PQ in data temporis particula descriptus, hoc est (per Lem. VII.) ut tangens PR, id est (ob proportionales PR ad QT & SP ad ST) ut $\frac{SP \times QT}{ST}$, sive ut ST reciproce & $SP \times QT$ directe; estque

$SP \times QT$

$SP \times QT$ ut area dato tempore descripta, id est, per Prop. XIV. in subduplicata ratione lateris recti. *Q. E. D.*

Corol. 1. Latera recta principalia sunt in ratione composita ex duplicata ratione perpendiculorum & duplicata ratione velocitatum.

Corol. 2. Velocitates corporum in maximis & minimis ab umbilico communi distantiis, sunt in ratione composita ex ratione distantiarum inverse & subduplicata ratione laterum rectorum principalium directe. Nam perpendicula jam sunt ipsæ distantiæ.

Corol. 3. Ideoque velocitas in Conica sectione, in maxima vel minima ab umbilico distantia, est ad velocitatem in Circulo in eadem à centro distantia, in subduplicata ratione lateris recti principalis ad duplam illam distantiam.

Corol. 4. Corporum in Ellipsibus gyrantium velocitates in mediocribus distantiis ab umbilico communi sunt eædem quæ corporum gyrantium in Circulis ad easdem distantias; hoc est (per Corol 6. Prop. IV.) reciproce in subduplicata ratione distantiarum. Nam perpendicula jam sunt semi-axes minores; & hi sunt ut mediæ proportionales inter distantias & latera recta. Componatur hæc ratio inverse cum subduplicata ratione laterum rectorum directe, & fiet ratio subduplicata distantiarum inverse.

Corol. 5. In eadem figura, vel etiam in figuris diversis, quarum latera

latera recta principalia sunt æqualia, velocitas corporis est reciproce ut perpendiculum demissum ab umbilico ad tangentem.

Corol. 6. In Parabola, velocitas est reciproce in subduplicata ratione distantiæ corporis ab umbilico figuræ; in Ellipsi magis variatur, in Hyperbola minus, quam in hac ratione. Nam (per Corol. 2. Lem. XIV.) perpendiculum demissum ab umbilico ad tangentem Parabolæ est in subduplicata ratione distantiæ. In Hyperbola perpendiculum minus variatur, in Ellipsi magis.

Corol. 7. In Parabola, velocitas corporis ad quamvis ab umbilico distantiam, est ad velocitatem corporis revolventis in Circulo ad eandem a centro distantiam, in subduplicata ratione numeri binarii ad unitatem; in Ellipsi minor est, in Hyperbola major quam in hac ratione. Nam per hujus Corollarium secundum, velocitas in vertice Parabolæ est in hac ratione, & per Corollaria sexta hujus & Propositionis quartæ, servatur eadem proportio in omnibus distantiis. Hinc etiam in Parabola velocitas ubique æqualis est velocitati corporis revolventis in Circulo ad dimidiam distantiam, in Ellipsi minor est, in Hyperbola major.

Corol. 8. Velocitas gyrantis in Sectione quavis Conica est ad velocitatem gyrantis in Circulo in distantia dimidii lateris recti principalis Sectionis, ut distantia illa ad perpendiculum ab umbilico in tangentem Sectionis demissum. Patet per Corollarium quintum.

Corol. 9. Unde cum (per Corol. 6. Prop. IV.) velocitas gyrantis in hoc Circulo sit ad velocitatem gyrantis in Circulo quovis alio, reciproce in subduplicata ratione distantiarum; fiet ex æquo velocitas gyrantis in Conica sectione ad velocitatem gyrantis in Circulo in eadem distantia, ut media proportionalis inter distantiam illam communem & semissem principalis lateris recti sectionis, ad perpendiculum ab umbilico communi in tangentem sectionis demissum.

PROPOSITIO XVII. PROBLEMA. IX.

Posito quod vis centripeta sit reciproce proportionalis quadrato distanstantiæ locorum a centro, & quod vis illius quantitas absoluta sit cognita; requiritur Linea quam corpus describit, de loco dato, cum data velocitate, secundum datam rectam egrediens.

Vis centripeta tendens ad punctum *S* ea sit qua corpus *p* in orbita quavis data *p q* gyretur, & cognoscatur hujus velocitas in loco *p*. De

De loco P, secundum lineam PR, exeat corpus P, cum data velocitate, & mox inde, cogente vi centripeta, deflectat illud in Conisectionem PQ. Hanc igitur recta PR tanget in P. Tangat itidem recta aliqua pr Orbitam pq in p, & si ab S ad eas tangentes demitti intelligantur perpendicula, erit (per Corol. 1. Prop. XVI.) latus rectum principale Conisectionis ad latus rectum principale Orbitæ, in ratione composita ex duplicata ratione perpendiculorum & duplicata ratione velocitatum, atque adeo datur. Sit istud L. Datur præterea Conisectionis umbilicus S. Anguli RPS complementum ad duos rectos fiat angulus RPH, & dabitur positione linea PH, in qua umbilicus alter H locatur. Demisso ad PH perpendiculo SK, erigi intelligatur semiaxis conjugatus BC, & erit $SPq. - 2KPH + PHq. = SHq. = 4CHq. = 4BHq - 4BCq. = \overline{SP+PH}$: *quad.* $- L \times \overline{SP+PH} = SPq. + 2SPH + PHq. - L \times \overline{SP+PH}$. Addantur utrobique $2KPH - SPq - PHq + L \times \overline{SP+PH}$, & fiet $L \times \overline{SP+PH} = 2SPH + 2KPH$, seu $SP + PH$, ad PH, ut $2SP + 2KP$ ad L. Unde datur PH tam longitudine quam positione. Nimirum si ea corporis in P velocitas, ut latus rectum L minus fuerit quam $2SP + 2KP$, jacebit PH ad eandem partem tangentis PR cum linea PS, adeoque figura erit Ellipsis, & ex datis umbilicis S, H, & axe principali $SP + PH$, dabitur: Sin tanta sit corporis velocitas ut latus rectum L æquale fuerit $2SP + 2KP$, longitudo PH infinita erit, & propterea figura erit Parabola axem habens SH parallelum lineæ PK, & inde dabitur. Quod si corpus majori adhuc cum velocitate de loco suo P exeat, capienda erit longitudo PH ad alteram partem tangentis, adeoque tangente inter umbilicos pergente, figura erit Hyperbola axem habens principalem æqualem differentiæ linearum SP & PH, & inde dabitur. *Q. E. I.*

Corol. 1. Hinc in omni Conisectione ex dato vertice principali D, latere recto L, & umbilico S, datur umbilicus alter H capiendo DH, ad DS ut est latus rectum ad differentiam inter latus rectum & $4DS$. Nam proportio $SP + PH$ ad PH ut $2SP + 2KP$ ad L,

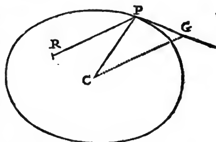
De Motu Corporum in casu hujus Corollarii, fit $\mathcal{D}S + \mathcal{D}H$ ad $\mathcal{D}H$ ut $4\mathcal{D}S$ ad L, & divisim $\mathcal{D}S$ ad $\mathcal{D}H$ ut $4\mathcal{D}S - L$ ad L.

Corol. 2. Unde si datur corporis velocitas in vertice principali $\mathcal{D}$, invenietur Orbita expedite, capiendo scilicet latus rectum ejus, ad duplam distantiam $\mathcal{D}S$, in duplicata ratione velocitatis hujus datæ ad velocitatem corporis in Circulo, ad distantiam $\mathcal{D}S$, gyrantis (per Corol. 3. Prop. XVI.) dein $\mathcal{D}H$ ad $\mathcal{D}S$ ut latus rectum ad differentiam inter latus rectum & $4\mathcal{D}S$.

Corol. 3. Hinc etiam si corpus moveatur in Sectione quacunque Conica, & ex Orbe suo impulsu quocunque exturbetur; cognosci potest Orbis in quo postea cursum suum peraget. Nam componendo proprium corporis motum cum motu illo quem impulsus solus generaret, habebitur motus quocum corpus de dato impulsus loco, secundum rectam positione datam, exibit.

Corol. 4. Et si corpus illud vi aliqua extrinsecus impressa continuo perturbetur, innotescet cursus quam proxime, colligendo mutationes quas vis illa in punctis quibusdam inducit, & ex seriei analogia mutationes continuas in locis intermediis æstimando.

Scholium.



Si corpus P vi centripeta ad punctum quodcunque datum R tendente moveatur in perimetro datæ cujuscunque Sectionis conicæ cujus centrum sit C, & requiratur Lex vis centripetæ: ducatur CG radio RP parallela, & Orbis tangenti PG occurrens in G; & vis illa (per Corol. 1 & Schol. Prop. X, & Corol. 3 Prop. VII.) erit ut $\frac{CG\ cub.}{RP\ quad.}$

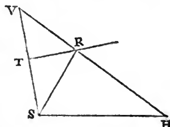
SECTIO

SECTIO IV.

De Inventione Orbium Ellipticorum, Parabolicorum & Hyperbolicorum ex umbilico dato.

LEMMA XV.

Si ab Ellipseos vel Hyperbolæ cujusvis umbilicis duobus S, H, *ad punctum quodvis tertium* V *inflectantur rectæ duæ* SV, HV, *quarum una* HV *æqualis sit axi principali figuræ, altera* SV *a perpendiculo* TR *in se demisso bisecetur in* T; *perpendiculum illud* TR *sectionem Conicam alicubi tanget: & contra, si tangit, erit* HV *æqualis axi principali figuræ.*



Secet enim perpendiculum TR rectam HV productam, si opus fuerit, in R; & jungatur SR. Ob æquales TS, TV, æquales erunt & rectæ SR, VR & anguli TRS, TRV. Unde punctum R erit ad Sectionem Conicam, & perpendiculum TR tanget eandem: & contra. *Q. E. D.*

PROPOSITIO XVIII. PROBLEMA X.

Datis umbilico & axibus principalibus describere Trajectorias Ellipticas & Hyperbolicas, quæ transibunt per puncta data, & rectas positione datas contingent.

Sit S communis umbilicus figurarum; AB longitudo axis principalis Trajectoriæ cujusvis; P punctum per quod Trajectoria debet transire; & TR recta quam debet tangere. Centro P intervallo $AB-SP$, si orbita sit Ellipsis, vel $AB+SP$, si ea sit Hyperbola, describatur circulus HG. Ad tangentem TR demittatur perpendiculum ST, & producatur idem ad V, ut sit TV æqualis ST; centroque V & intervallo AB describatur circulus FH. Hac

De Motu Corporum

methodo sive dentur duo puncta P, p, sive duæ tangentes TR, tr, sive punctum P & tangens TR, describendi sunt circuli duo. Sit H eorum intersectio communis, & umbilicis S, H, axe illo dato describatur Trajectoria. Dico factum. Nam Trajectoria descripta (eo quod $PH + SP$ in Ellipsi, & $PH - SP$ in Hyperbola æquatur axi) transibit per punctum P, & (per Lemma superius) tanget rectam TR. Et eodem argumento vel transibit eadem per puncta duo P, p, vel tanget rectas duas TR, tr. *Q. E. F.*

PROPOSITIO XIX. PROBLEMA XI.

Circa datum umbilicum Trajectoriam Parabolicam describere, quæ transibit per puncta data, & rectas positione datas continget.

Sit S umbilicus, P punctum & TR tangens Trajectoriæ describendæ. Centro P, intervallo PS describe circulum FG. Ab umbilico ad tangentem demitte perpendicularem ST, & produc eam ad V, ut sit TV æqualis ST. Eodem modo describendus est alter circulus fg, si datur alterum punctum p; vel inveniendum alterum punctum v, si datur altera tangens tr; dein ducenda recta IF quæ tangat duos circulos FG, fg si dantur duo puncta P, p, vel transeat per duo puncta V, v, si dantur duæ tangentes TR, tr, vel tangat circulum FG & transeat per punctum V, si datur punctum P & tangens TR. Ad FI demitte perpendicularem SI, eamque biseca in K; & axe SK, vertice principali K describatur Parabola. Dico factum. Nam Parabola, ob æquales SK & IK, SP & FP, transibit per punctum P; & (per Lemmatis XIV. Corol. 3.) ob æquales ST & TV & angulum rectum STR, tanget rectam TR. *Q. E. F.*

PRO-

PROPOSITIO XX. PROBLEMA XII.

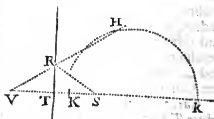
Circa datum umbilicum Trajectoriam quamvis ſpecie datam deſcribere, quæ per data puncta tranſibit & rectas tanget poſitione datas.

Cas. 1. Dato umbilico *S*, deſcribenda ſit Trajectoria *ABC* per puncta duo *B*, *C*. Quoniam Trajectoria datur ſpecie, dabitur ratio axis principalis ad diſtantiam umbilicorum. In ea ratione cape *KB* ad *BS*, & *LC* ad *CS*. Centris *B*, *C*, intervallis *BK*, *CL*, deſcribe circulos duos, & ad rectam *KL*, quæ tangat eoſdem in *K* & *L*, demitte perpendiculum *SG*, idemque ſeca in *A* & *a*, ita ut ſit *SA* ad *AG* & *Sa* ad *aG*, ut eſt *SB* ad *BK*, & axe *Aa*, verticibus *A*, *a*, deſcribatur Trajectoria. Dico factum. Sit enim *H* umbilicus alter Figuræ deſcriptæ, & cum ſit *SA* ad *AG* ut *Sa* ad *aG*, erit diviſim $Sa - SA$ ſeu *SH* ad $aG - AG$ ſeu *Aa* in eadem ratione, adeoque in ratione quam habet axis principalis Figuræ deſcribendæ ad diſtantiam umbilicorum ejus; & propterea Figura deſcripta eſt ejuſdem ſpeciei cum deſcribenda. Cumque ſint *KB* ad *BS* & *LC* ad *CS* in eadem ratione, tranſibit hæc Figura per puncta *B*, *C*, ut ex Conicis manifeſtum eſt.

Cas. 2. Dato umbilico *S*, deſcribenda ſit Trajectoria quæ rectas duas *TR*, *tr* alicubi contingat. Ab umbilico in tangentes demitte perpendicula *ST*, *St* & produc eadem ad *V*, *v*, ut ſint *TV*, *tv* æquales *TS*, *tS*. Biſeca *Vv* in *O*, & erige perpendiculum infinitum *OH*, rectamque *VS* infinite productam ſeca in *K* & *k* ita, ut ſit *VK* ad *KS* & *Vk* ad *kS* ut eſt Trajectoriæ deſcribendæ axis principalis ad umbilicorum diſtantiam. Super diametro *Kk* deſcribatur circulus ſecans *OH* in *H*; & umbilicis *S*, *H*, axe principali ipſam *VH* æquante, deſcribatur Trajectoria. Dico factum. Nam biſeca *Kk* in *X*, & junge *HX*, *HS*, *HV*, *Hv*. Quoniam eſt *VK* ad *KS* ut *Vk* ad *kS*; & compoſite ut $VK + Vk$ ad $KS + kS$; diviſimque ut

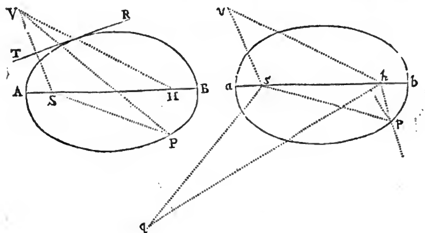
ut $Vk - VK$ ad $kS - KS$, id est ut $2VX$ ad $2KX$ & $2KX$ ad $2SX$, adeoque ut VX ad HX & HX ad SX, similia erunt triangula VXH, HXS, & propterea VH erit ad SH ut VX ad XH, adeoque ut VK ad KS. Habet igitur Trajectoriæ descriptæ axis principalis VH eam rationem ad ipsius umbilicorum distantiam SH, quam habet Trajectoriæ describendæ axis principalis ad ipsius umbilicorum distantiam, & propterea ejusdem est speciei. Insuper cum VH, vH æquentur axi principali, & VS, vS a rectis TR, tr perpendiculariter bisecentur, liquet, ex Lemmate xv, rectas illas Trajectoriam descriptam tangere. *Q. E. F.*

Cas. 3. Dato umbilico S describenda sit Trajectoria quæ rectam TR tanget in puncto dato R. In rectam TR demitte perpendicularem ST, & produc eandem ad V, ut sit TV æqualis ST. Junge VR, & rectam VS infinite productam seca in K & k, ita ut sit VK ad SK & Vk ad Sk ut Ellipseos describendæ axis principalis ad distantiam umbilicorum; circuloque super diametro Kk descripto, secetur producta recta VR in H, & umbilicis S, H, axe principali rectam VH æquante, describatur Trajectoria. Dico factum. Namque VH esse ad SH ut VK ad SK, atque adeo ut axis principalis Trajectoriæ describendæ ad distantiam umbilicorum ejus, patet ex demonstratis in Casu secundo, & propterea Trajectoriam descriptam ejusdem esse speciei cum describenda; rectam vero TR qua angulus VRS bisecatur, tangere Trajectoriam in puncto R, patet ex Conicis. *Q.E.F.*



Cas. 4. Circa umbilicum S describenda jam sit Trajectoria APB, quæ tangat rectam TR, transeatque per punctum quodvis P extra tangentem datum, quæque similis sit Figuræ apb, axe principali ab & umbilicis s, h descriptæ. In tangentem TR demitte perpendiculum ST, & produc idem ad V, ut sit TV æqualis ST. Angulis autem VSP, SVP fac angulos hsq, shq æquales; centroque q & intervallo quod sit ad ab ut SP ad VS describe circulum secantem Figuram apb in p. Junge sp & age SH quæ sit ad sh ut est SP ad sp, quæque angulum PSH angulo psh & angulum VSH angulo psq æquales constituat. Denique umbilicis S, H, & axe principali AB distantiam VH æquante, describatur sectio Conica. Dico factum. Nam si agatur sv quæ sit ad sp ut est sh ad

ad *sq*, quæque constituat angulum *vsp* angulo *hsq* & angulum *vsh* angulo *psq* æquales, triangula *svh*, *spq* erunt similia, & propterea *vh* erit ad *pq* ut est *sh* ad *sq*, id est (ob similia triangula



VSP, *hsq*) ut est *VS* ad *SP* seu *ab* ad *pq*. Æquantur ergo *vh* & *ab*. Porro ob similia triangula *VSH*. *vsh*, est *VH* ad *SH* ut *vh* ad *sh*, id est, axis Conicæ sectionis jam descriptæ ad illius umbilicorum intervallum, ut axis *ab* ad umbilicorum intervallum *sh*; & propterea Figura jam descripta similis est Figuræ *apb*. Transit autem hæc Figura per punctum *P*, eo quod triangulum *PSH* simile sit triangulo *psh*; & quia *VH* æquatur ipsius axi & *VS* bisecatur perpendiculariter a recta *TR*, tangit eadem rectam *TR*. *Q. E. F.*

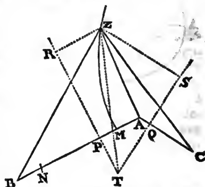
LEMMA XVI.

A datis tribus punctis ad quartum non datum inflectere tres rectas quarum differentiæ vel dantur vel nullæ sunt.

Cas. 1. Sunto puncta illa data *A*, *B*, *C* & punctum quartum *Z*, quod invenire oportet; Ob datam differentiam linearum *AZ*, *BZ*, locabitur punctum *Z* in Hyperbola cujus umbilici sunt *A* & *B*, & principalis axis differentia illa data. Sit axis ille *MN*. Cape *PM*.

ad

ad *MA* ut est *MN* ad *AB*, & erecta *PR* perpendiculari ad *AB*, demissaque *ZR* perpendiculari ad *PR*; erit, ex natura hujus Hyperbolæ, *ZR* ad *AZ* ut est *MN* ad *AB*. Simili discursu punctum *Z* locabitur in alia Hyperbola, cujus umbilici sunt *A*, *C* & principalis axis differentia inter *AZ* & *CZ*, ducique potest *QS* ipsi *AC* perpendicularis, ad quam si ab Hyperbolæ hujus puncto quovis *Z* demittatur normalis *ZS*, hæc fuerit ad *AZ* ut est differentia inter *AZ* & *CZ* ad *AC*. Dantur ergo rationes ipsarum *ZR* & *ZS* ad *AZ*, & idcirco datur earundem *ZR* & *ZS* ratio ad invicem; ideoque si rectæ *RP*, *SQ* concurrant in *T*, & agatur *TZ*, figura *TRZS*, dabitur specie, & recta *TZ* in qua punctum *Z* alicubi locatur, dabitur positione. Eadem methodo per Hyperbolam tertiam, cujus umbilici sunt *B* & *C* & axis principalis differentia rectarum *BZ*, *CZ*, inveniri potest alia recta in qua pūctum *Z* locatur. Habitis autem duobus Locis rectilineis, habetur punctum quæsitum *Z* in eorum intersectione. *Q.E.I.*



Cas. 2. Si duæ ex tribus lineis, puta *AZ* & *BZ* æquantur, punctum *Z* locabitur in perpendiculo bisecante distantiam *AB*, & locus alius rectilineus invenietur ut supra. *Q.E.I.*

Cas. 3. Si omnes tres æquantur, locabitur punctum *Z* in centro Circuli per puncta *A*, *B*, *C* transeuntis. *Q. E. I.*

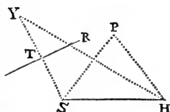
Solvitur etiam hoc Lemma problematicum per Librum Tactionum *Apollonii* a *Vieta* restitutum.

PROPOSITIO XXI. PROBLEMA XIII.

Trajectoriam circa datum umbilicum describere, quæ transibit per puncta data & rectas positione datas continget.

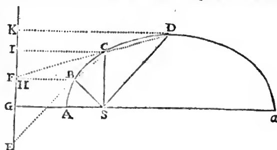
Detur umbilicus *S*, punctum *P*, & tangens *TR*, & inveniendus sit umbilicus alter *H*. Ad tangentem demitte perpendiculum *ST*, & produc idem ad *Y*, ut sit *TY* æqualis *ST*, & erit *YH* æqualis axi principali. Junge *SP*, *HP*, & erit *SP* differentia inter *HP* & axem principalem. Hoc modo si dentur plures tangentes

tes *TR*, vel plura puncta *P*, devenietur semper ad lineas totidem *YH*, vel *P H*, a dictis punctis *Y* vel *P* ad umbilicum *H* ductas, quæ vel æquantur axibus, vel datis longitudinibus *SP* differunt ab iisdem, atque adeo quæ vel æquantur sibi invicem, vel datas habent differentias; & inde, per Lemma superius, datur umbilicus ille alter *H*. Habitis autem umbilicis una cum axis longitudine (quæ vel est *YH*; vel, si Trajectoria Ellipsis est, *PH + SP*; sin Hyperbola, *PH − SP*) habetur Trajectoria. *Q. E. I.*



Scholium.

Casus ubi dantur tria puncta sic solvitur expeditius. Dentur puncta *B*, *C*, *D*. Junctas *BC*, *CD* produc ad *E*, *F*, ut sit *EB* ad *EC* ut *SB* ad *SC*, & *FC* ad *FD* ut *SC* ad *SD*. Ad *EF* ductam & productam demitte normales *SG*, *BH*, inque *GS* infinite producta cape *GA* ad *AS* & *Ga* ad *aS* ut est *HB* ad *BS*; & erit *A* vertex, & *Aa* axis principalis Trajectoriæ: quæ, perinde ut *GA* major, æqualis, vel minor fuerit quam *AS*, erit Ellipsis, Parabola vel Hyperbola; puncto *a* in primo casu cadente ad eandem partem lineæ *GF* cum puncto *A*; in secundo casu abeunte in infinitum; in tertio cadente ad contrariam partem lineæ *GF*. Nam si demittantur ad *GF* perpendicula



CI, *DK*; erit *IC* ad *HB* ut *EC* ad *EB*, hoc est, ut *SC* ad *SB*; & vicissim *IC* ad *SC* ut *HB* ad *SB* sive ut *GA* ad *SA*. Et simili argumento probabitur esse *KD* ad *SD* in eadem ratione. Jacent ergo puncta *B*, *C*, *D* in Conisectione circa umbilicum *S* ita descripta, ut rectæ omnes ab umbilico *S* ad singula Sectionis puncta ductæ, sint ad perpendicula a punctis iisdem ad rectam *GF* demissa in data illa ratione.

Methodo haud multum dissimili hujus problematis solutionem tradit Clarissimus Geometra *de la Hire*, Conicorum suorum Lib. VIII. Prop. XXV.

SECTIO V.

Inventio Orbium ubi umbilicus neuter datur.

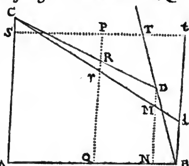
LEMMA XVII.

Si a datæ Conicæ Sectionis puncto quovis P, *ad Trapezii alicujus* ABDC, *in Conica illa sectione inscripti, latera quatuor infinite producta* AB, CD, AC, DB, *totidem rectæ* PQ, PR, PS, PT *in datis angulis ducantur, singulæ ad singula: rectangulum ductarum ad opposita duo latera* $PQ \times PR$, *erit ad rectangulum ductarum ad alia duo latera opposita* $PS \times PT$ *in data ratione.*

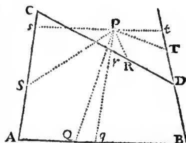
Cas. 1. Ponamus primo lineas ad opposita latera ductas parallelas esse alterutri reliquorum laterum, puta *PQ* & *PR* lateri *AC*, & *PS* ac *PT* lateri *AB*. Sintque insuper latera duo ex oppositis, puta *AC* & *BD*, sibi invicem parallela. Et recta quæ bisecat parallela illa latera erit una ex diametris Conicæ sectionis, & bisecabit etiam *RQ*. Sit *O* punctum in quo *RQ* bisecatur, & erit *PO* ordinatim applicata ad diametrum illam. Produc *PO* ad *K* ut sit *OK* æqualis *PO*, & erit *OK* ordinatim applicata ad contrarias partes diametri. Cum igitur puncta *A*, *B*, *P* & *K* sint ad Conicam sectionem, & *PK* secet *AB* in dato angulo, erit (per Prop. 17 & 18 Lib. III Conicorum *Apollonii*) rectangulum *PQK* ad rectangulum *AQB* in data ratione. Sed *QK* & *PR* æquales sunt, utpote æqualium *OK*, *OP*, & *OQ*, *OR* differentiæ, & inde etiam rectangula *PQK* & $PQ \times PR$ æqualia sunt; atque adeo rectangulum $PQ \times PR$ est ad rectangulum *AQB*, hoc est ad rectangulum $PS \times PT$ in data ratione. *Q.E.D.*

Cas.

Cas. 2. Ponamus jam Trapezii latera opposita *AC* & *BD* non esse parallela. Age *Bd* parallelam *AC* & occurrentem tum rectæ *ST* in *t*, tum Conicæ sectioni in *d*. Junge *Cd* secantem *PQ* in *r*, & ipsi *PQ* parallelam age *DM* secantem *Cd* in *M* & *AB* in *N*. Jam ob similia triangula *BTt*, *DBN*; est *Bt* seu *PQ* ad *Tt* ut *DN* ad *NB*. Sic & *Rr* est ad *AQ* seu *PS* ut *DM* ad *AN*. Ergo, ducendo antecedentes in antecedentes & consequentes in consequentes, ut rectangulum *PQ* in *Rr* est ad rectangulum *PS* in *Tt*, ita rectangulum *NDM* est ad rectangulum *ANB*, & (per Cas. 1) ita rectangulum *PQ* in *Pr* est ad rectangulum *PS* in *Pt*, ac divisim ita rectangulum $PQ \times PR$ est ad rectangulum $PS \times PT$. *Q. E. D.*



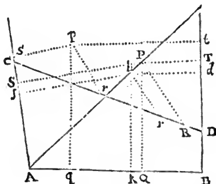
Cas. 3. Ponamus denique lineas quatuor *PQ*, *PR*, *PS*, *PT* non esse parallelas lateribus *AC*, *AB*, sed ad ea utcunque inclinatas. Earum vice age *Pq*, *Pr* parallelas ipsi *AC*; & *Ps*, *Pt* parallelas ipsi *AB*; & propter datos angulos triangulorum *PQq*, *PRr*, *PSs*, *PTt*, dabuntur rationes *PQ* ad *Pq*, *PR* ad *Pr*, *PS* ad *Ps*, & *PT* ad *Pt*; atque adeo rationes compositæ $PQ \times PR$ ad $Pq \times Pr$, & $PS \times PT$ ad $Ps \times Pt$. Sed, per superius demonstrata, ratio $Pq \times Pr$ ad $Ps \times Pt$ data est: Ergo & ratio $PQ \times PR$ ad $PS \times PT$. *Q. E. D.*



LEMMA XVIII.

Iisdem positis, si rectangulum ductarum ad opposita duo latera Trapezii P Q × P R *sit ad rectangulum ductarum ad reliqua duo latera* P S × P T *in data ratione; punctum* P, *a quo lineæ ducuntur, tanget Conicam sectionem circa Trapezium descriptam.*

Per puncta *A, B, C, D* & aliquod infinitorum punctorum *P*, puta *p*, concipe Conicam sectionem describi: dico punctum *P* hanc semper tangere. Si negas, junge *AP* secantem hanc Conicam sectionem alibi quam in *P*, si fieri potest, puta in *b*. Ergo si ab his punctis *p* & *b* ducantur in datis angulis ad latera Trapezii rectæ *pq, pr, ps, pt* & *bk, br, bf, bd*; erit ut $bk \times br$ ad $bf \times bd$ ita (per Lem. XVII) $pq \times pr$ ad $ps \times pt$, & ita (per Hypoth.) $PQ \times PR$ ad $PS \times PT$. Est & propter similitudinem Trapeziorum *bkAf*, *PQAS*, ut *bk* ad *bf* ita *PQ* ad *PS*. Quare, applicando terminos prioris proportionis ad terminos correspondentes hujus, erit *br* ad *bd* ut *PR* ad *PT*. Ergo Trapezia æquiangula *Drbd*, *DRPT* similia sunt, & eorum diagonales *Db*, *DP* propterea coincidunt. Incidit itaque *b* in intersectionem rectarum *AP*, *DP* adeoque coincidit cum puncto *P*. Quare punctum *P*, ubicunque sumatur, incidit in assignatam Conicam sectionem. *Q. E. D.*



Corol. Hinc si rectæ tres *PQ, PR, PS* a puncto communi *P* ad alias totidem positione datas rectas *AB, CD, AC*, singulæ ad singulas, in datis angulis ducantur, sitque rectangulum sub duabus ductis $PQ \times PR$ ad quadratum tertiæ *PS quad.* in data ratione: punctum *P*, a quibus rectæ ducuntur, locabitur in sectione Conica quæ tangit lineas *AB, CD* in *A* & *C*; & contra. Nam coeat linea *BD* cum linea *AC* manente positione trium *AB, CD, AC*; dein coeat etiam linea *PT* cum linea *PS*: & rectangulum $PS \times PT$ evadet *PS quad.* rectæque *AB, CD* quæ curvam in punctis *A* & *B*, *C* & *D* secabant, jam Curvam in punctis illis coeuntibus non amplius secare possunt sed tantum tangent.

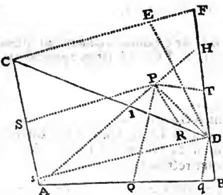
Scholium.

Nomen Conicæ sectionis in hoc Lemmate late sumitur, ita ut sectio tam Rectilinea per verticem Coni transiens, quam Circularis basi parallela includatur. Nam si punctum *p* incidit in rectam, qua quævis ex punctis quatuor *A, B, C, D* junguntur, Conica sectio verte-

vertetur in geminas Rectas, quarum una est recta illa in quam punctum *p* incidit, & altera est recta qua alia duo ex punctis quatuor junguntur. Si Trapezii anguli duo oppositi simul sumpti æquentur duobus rectis, & lineæ quatuor *PQ*, *PR*, *PS*, *PT* ducantur ad latera ejus vel perpendiculariter vel in angulis quibusvis æqualibus, sitque rectangulum sub duabus ductis $PQ \times PR$ æquale rectangulo sub duabus aliis $PS \times PT$, Sectio conica evadet Circulus. Idem fiet si lineæ quatuor ducantur in angulis quibusvis & rectangulum sub duabus ductis $PQ \times PR$ sit ad rectangulum sub aliis duabus $PS \times PT$ ut rectangulum sub sinubus angulorum *S*, *T*, in quibus duæ ultimæ *PS*, *PT* ducuntur, ad rectangulum sub sinubus angulorum *Q*, *R*, in quibus duæ primæ *PQ*, *PR* ducuntur. Cæteris in casibus Locus puncti *P* erit aliqua trium figurarum quæ vulgo nominantur Sectiones Conicæ. Vice autem Trapezii *ABCD* substitui potest Quadrilaterum cujus latera duo opposita se mutuo instar diagonalium decussant. Sed & e punctis quatuor *A*, *B*, *C*, *D* possunt unum vel duo abire ad infinitum, eoque pacto latera figuræ quæ ad puncta illa convergunt, evadere parallela: quo in casu Sectio Conica transibit per cætera puncta, & in plagas parallelarum abibit in infinitum.

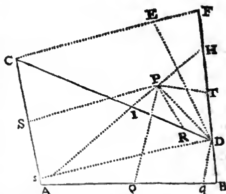
LEMMA XIX.

Invenire punctū P, a quo si rectæ quatuor PQ, PR, PS, PT, ad alias totidem positione datas rectas AB, CD, AC, BD, singulæ ad singulas in datis angulis ducantur, rectangulū sub duabus ductis, PQ × PR, sit ad rectangulum sub aliis duabus, PS × PT, in data ratione.



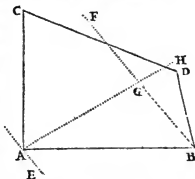
Lineæ *AB*, *CD*, ad quas rectæ duæ *PQ*, *PR*, unum rectangulorum continentes ducuntur, conveniant cum aliis duabus positione datis lineis in punctis *A*, *B*, *C*, *D*. Ab eorum aliquo *A* age rectam quamlibet *AH*, in qua velis punctum *P* reperiri. Secet ea lineas oppositas *BD*, *CD*, nimirum *BD* in *H* & *CD* in *I*, & ob datos omnes angulos figuræ, dabuntur rationes *PQ* ad *PA* & *PA* ad

ad PS, adeoque ratio PQ ad PS. Auferendo hanc a data ratione $PQ \times PR$ ad $PS \times PT$, dabitur ratio PR ad PT, & addendo datas rationes PI ad PR, & PT ad PH dabitur ratio PI ad PH atque adeo punctum P. *Q. E. I.*



Corol. 1. Hinc etiam ad Loci punctorum infinitorum P punctum quodvis D tangens duci potest. Nam chorda PD ubi puncta P ac D conveniunt, hoc est, ubi AH ducitur per punctum D, tangens evadit. Quo in casu, ultima ratio evanescentium IP & PH invenietur ut supra. Ipsi igitur AD duc parallelam CF, occurrentem BD in F, & in ea ultima ratione sectam in E, & DE tangens erit, propterea quod CF & evanescens IH parallelæ sunt, & in E & P similiter sectæ.

Corol. 2. Hinc etiam Locus punctorum omnium P definiri potest. Per quodvis punctorum A, B, C, D, puta A, duc Loci tangentem AE & per aliud quodvis punctum B duc tangenti parallelam BF occurrentem Loco in F. Invenietur autem punctum F per Lem. XIX. Biseca BF in G, & acta indefinita AG erit positio diametri ad quam BG & FG ordinatim applicantur. Hæc AG occurrat Loco in H, & erit AH diameter sive latus transversum, ad quod latus rectum erit ut $BGq.$ ad AGH. Si AG nullibi occurrit Loco, linea AH existente infinita, Locus erit Parabola & latus rectum ejus ad diametrum AG pertinens erit $\frac{BGq.}{AG}$ Sin ea alicubi occurrit, Locus Hyperbola erit ubi puncta A & H sita sunt ad easdem partes ipsius G: & Ellipsis, ubi G intermedium est, nisi forte angulus AGB rectus sit & insuper BG *quad.* æquale rectangulo AGH, quo in casu Circulus habebitur.



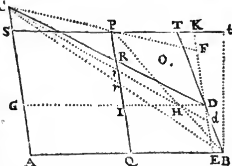
Atque ita Problematis Veterum de quatuor lineis ab *Euclide* incæpti & ab *Apollonio* continuati non calculus, sed compositio Geometrica, qualem Veteres quærebant, in hoc Corollario exhibetur.

LEM-

LEMMA XX.

Si Parallelogrammum quodvis ASPQ *angulis duobus oppositis* A & P *tangit sectionem quamvis Conicam in punctis* A & P; &, *lateribus unius angulorum illorum infinite productis* AQ, AS, *occurrit eidem sectioni Conicæ in* B & C; *a punctis autem occursuum* B & C *ad quintum quodvis sectionis Conicæ punctum* D *agantur rectæ duæ* BD, CD *occurrentes alteris duobus infinite productis parallelogrammi lateribus* PS, PQ *in* T & R: *erunt semper abscissæ laterum partes* PR & PT *ad invicem in data ratione. Et contra, si partes illæ abscissæ sunt ad invicem in data ratione, punctum* D *tanget Sectionem Conicam per puncta quatuor* A, B, C, P *transeuntem.*

Cas. 1. Jungantur BP, CP & a puncto D agantur rectæ duæ DG, DE, quarum prior DG ipsi AB parallela sit & occurrat PB, PQ, CA in H, I, G; altera DE parallela sit ipsi AC & occurrat PC, PS, AB in F, K, E: & erit (per Lemma XVII.) rectangulum $DE \times DF$ ad rectangulum $DG \times DH$ in ratione data. Sed est PQ ad DE (seu IQ) ut PB ad HB, adeoque ut PT ad DH; &



vicissim PQ ad PT ut DE ad DH. Est & PR ad DF ut RC ad DC, adeoque ut (IG vel) PS ad DG, & vicissim PR ad PS ut DF ad DG; & conjunctis rationibus fit rectangulum $PQ \times PR$ ad rectangulum $PS \times PT$ ut rectangulum $DE \times DF$ ad rectangulum $DG \times DH$, atque adeo in data ratione. Sed dantur PQ & PS & propterea ratio PR ad PT datur. *Q. E. D.*

Cas. 2. Quod si PR & PT ponantur in data ratione ad invicem, tum simili ratiocinio regrediendo, sequetur esse rectangulum $DE \times DF$ ad rectangulum $DG \times DH$ in ratione data, adeoque punctum D (per Lemma XVIII.) contingere Conicam sectionem transeuntem per puncta A, B, C, P. *Q. E. D.*

Corol.

Corol. 1. Hinc si agatur *BC* secans *PQ* in *r*, & in *PT* capiatur *Pt* in ratione ad *Pr* quam habet *PT* ad *PR*: erit *Bt* tangens Conicæ sectionis ad punctum *B*. Nam concipe punctum *D* coire cum puncto *B* ita ut, chorda *BD* evanescente, *BT* tangens evadat; & *CD* ac *BT* coincident cum *CB* & *Bt*.

Corol. 2. Et vice versa si *Bt* sit tangens, & ad quodvis Conicæ sectionis punctum *D* conveniant *BD*, *CD*; erit *PR* ad *PT* ut ut *Pr* ad *Pt*. Et contra, si sit *PR* ad *PT* ut *Pr* ad *Pt*: convenient *BD*, *CD* ad Conicæ Sectionis puncum aliquod *D*.

Corol. 3. Conica sectio non secat Conicam sectionem in punctis pluribus quam quatuor. Nam, si fieri potest, transeant duæ Conicæ sectiones per quinque puncta *A*, *B*, *C*, *P*, *O*; easque secet recta *BD* in punctis *D*, *d*, & ipsam *PQ* secet recta *Cd* in r. Ergo *PR* est ad *PT* ut *P*r ad *PT*; unde *PR* & *P*r sibi invicem æquantur, contra Hypothesin.

LEMMA XXI.

Si rectæ duæ mobiles & infinitæ BM, CM *per data puncta* B, C, *ceu polos ductæ, concursu suo* M *describant tertiam positione datam rectam* MN; *& aliæ duæ infinitæ rectæ* BD, CD *cum prioribus duabus ad puncta illa data* B, C *datos angulos* MBD, MCD *efficientes ducantur; dico quod hæ duæ* BD, CD *concursu suo* D *describent sectionem Conicam per puncta* B, C *transeuntem. Et vice versa, si rectæ* BD, CD *concursu suo* D *describant Sectionem Conicam per data puncta* B, C, A *transeuntem, & sit angulus* DBM *semper æqualis angulo dato* ABC, *angulusque* DCM *semper æqualis angulo dato* ACB: *punctum* M *continget rectam positione datam.*

Nam

Nam in recta MN detur punctum N, & ubi punctum mobile M incidit in immotum N, incidat punctum mobile D in immotum P. Junge CN, BN, CP, BP, & a puncto P age rectas PT, PR occurrentes ipsis BD, CD in T & R, & facientes angulum BPT æqualem angulo dato BNM, & angulum CPR æqualem angulo dato CNM. Cum ergo (ex Hypothesi) æquales sint anguli MBD, NBP, ut & anguli MCD, NCP; aufer communes NBD & NCD, & restabunt æquales NBM & PBT, NCM & PCR: adeoque triangula NBM, PBT similia sunt, ut & triangula NCM, PCR. Quare PT est ad NM ut PB ad NB, & PR ad NM ut PC ad NC. Sunt autem puncta B, C, N, P immobilia. Ergo PT & PR datam habent rationem ad NM, proindeque datam rationem inter se; atque adeo, per Lemma xx, punctum D (perpetuus rectarum mobilium BT & CR concursus) contingit sectionem Conicam, per puncta B, C, P transeuntem. *Q. E. D.*

Et contra, si punctum mobile D contingat sectionem Conicam transeuntem per data puncta B, C, A, & sit angulus DBM semper æqualis angulo dato ABC, & angulus DCM semper æqualis angulo dato ACB, & ubi punctum D incidit successive in duo quævis sectionis puncta immobilia p, P, punctum mobile M incidat successive in puncta duo immobilia n, N: per eadem n, N agatur Recta nN, & hæc erit Locus perpetuus puncti illius mobilis M. Nam, si fieri potest, versetur punctum M in linea aliqua Curva. Tanget ergo punctum D sectionem Conicam per puncta quinque B, C A, p, P, transeuntem, ubi punctum M perpetuo tangit lineam Curvam. Sed & ex jam demonstratis tanget etiam punctum D sectionem Conicam per eadem quinque puncta B, C, A, p, P transeuntem, ubi punctum

ctum M perpetuo tangit lineam Rectam. Ergo duæ sectiones Conicæ transibunt per eadem quinque puncta, contra Corol. 3. Lem. xx. Igitur punctum M versari in linea Curva absurdum est. *Q. E. D.*

PROPOSITIO XXII. PROBLEMA. XIV.

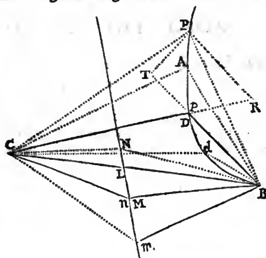
Trajectoriam per data quinque puncta describere.

Dentur puncta quinque A, B, C, P, D. Ab eorum aliquo A ad alia duo quævis B, C, quæ poli nominentur, age rectas AB, AC, hisque parallelas TPS, PRQ per punctum quartum P. Deinde a polis duobus B, C age per punctum quintum D infinitas duas BDT, CRD, novissime ductis TPS, PRQ (priorem priori & posteriorem posteriori) occurrentes in T & R. Denique de rectis PT, PR, acta recta tr ipsi TR parallela, abscinde quasvis Pt, Pr ipsis PT, PR proportionales; & si per earum terminos t, r & polos B, C actæ Bt, Cr concurrant in d, locabitur punctum illud d in Trajectoria quæsita. Nam punctum illud d (per Lemma xx) versatur in Conica Sectione per puncta quatuor A, B, C, P transeunte; &, lineis Rr, Tt evanescentibus, coit punctum d cum puncto D. Transit ergo sectio Conica per puncta quinque A, B, C, P, D. *Q. E. D.*

Idem

Idem aliter.

E punctis datis junge tria quævis *A*, *B*, *C*; &, circum duo eorum *B*, *C* ceu polos, rotando angulos magnitudine datos *ABC*, *ACB*, applicentur crura *BA*, *CA* primo ad punctum *D*, deinde ad punctum *P*, & notentur puncta *M*, *N* in quibus altera crura *BL*, *CL* casu utroque se decussant. Agatur recta infinita *MN*, & rotentur anguli illi mobiles circum polos suos *B*, *C*, ea lege ut crurum *BL*, *CL* vel *BM*, *CM* intersectio quæ jam sit *m* incidat semper in rectam illam infinitam *MN* & crurum *BA*, *CA*, vel *BD*, *CD* intersectio, quæ jam sit *d*, Trajectoriam quæsitam *PADdB* delineabit. Nam punctum *d*, per Lem. XXI, continget sectionem Conicam per puncta *B*, *C* transeuntem; & ubi punctum *m* accedit ad puncta *L*, *M*, *N*, punctum *d* (per constructionem) accedet ad puncta *A*, *D*, *P*. Describetur itaque sectio Conica transiens per puncta quinque *A*, *B*, *C*, *P*, *D*. *Q.E.F.*



Corol. 1. Hinc recta expedite duci potest quæ Trajectoriam quæsitam, in puncto quovis dato *B*, continget. Accedat punctum *d* ad punctum *B*, & recta *Bd* evadet tangens quæsita.

Corol. 2. Unde etiam Trajectoriarum Centra, Diametri & Latera recta inveniri possunt, ut in Corollario secundo Lemmatis XIX.

Scholium.

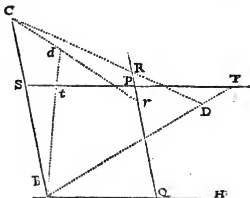
Constructio prior evadet paulo simplicior jungendo *BP*, & in ea, si opus est, producta capiendo *Bp* ad *BP* ut est *PR* ad *PT*; & per *p* agendo rectam infinitam *p*d ipsi *SPT* parallelam, inque ea capiendo semper *p*d æqualem *Pr*; & agendo rectas *B*d, *Cr* concurrentes in *d*. Nam cum sint *Pr* ad *Pt*, *PR* ad *PT*, *pB* ad *PB*, *p*d ad *Pt* in eadem ratione; erunt *p*d & *Pr* semper æquales.

 les. Hac methodo puncta Trajectoriæ inveniuntur expeditissime, nisi mavis Curvam, ut in constructione secunda, describere Mechanice.

PROPOSITIO XXIII. PROBLEMA XV.

Trajectoriam describere quæ per data quatuor puncta transibit, & rectam continget positione datam.

Cas. 1. Dentur tangens HB, punctum contactus B, & alia tria puncta C, D, P. Junge BC, & agendo PS parallelam BH, & PQ parallelam BC, comple parallelogrammum $BSPQ$.

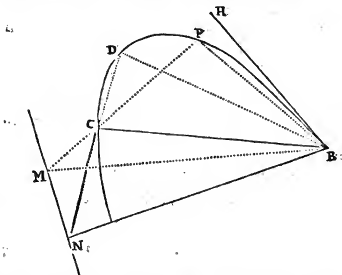


Age BD secantem SP in T, & CD secantem PQ in R. Denique, agendo quamvis tr ipsi TR parallelam, de PQ, PS abscinde Pr, Pt ipsis PR, PT proportionales respective; & actarum Cr, Bt concursus d (per Lem. xx) incidet semper in Trajectoriam describendam.

Idem

Idem aliter.

Revolvatur tum angulus magnitudine datus *CBH* circa polum *B*, tum radius quilibet rectilineus & utrinque productus *DC* circa polum *C*. Notentur puncta *M*, *N* in quibus anguli crus *BC* secat radium illum ubi crus alterum *BH* concurrit cum eodem radio in punctis *P* & *D*. Deinde ad actam infinitam *MN* con-



currant perpetuo radius ille *CP* vel *CD* & anguli crus *BC*, & cruris alterius *BH* concursus cum radio delineabit Trajectoriam quæsitam.

Nam si in constructionibus Problematis superioris accedat punctum *A* ad punctum *B*, lineæ *CA* & *CB* coincident, & linea *AB* in ultimo suo situ fiet tangens *BH*, atque adeo constructiones ibi positæ evadent eædem cum constructionibus hic descriptis. Delineabit igitur cruris *BH* concursus cum radio sectionem Conicam per puncta *C*, *D*, *P* transeuntem, & rectam *BH* tangentem in puncto *B*. *Q. E. F.*

Cas. 2. Dentur puncta quatuor *B*, *C*, *D*, *P* extra tangentem *HI* sita. Junge bina lineis *BD*, *CP* concurrentibus in *G*, tangentique

tique occurrentibus in *H* & *I*. Secetur tangens in *A*, ita ut sit *HA* ad *AI*, ut est rectangulum sub media proportionali inter *CG* & *GP* & media proportionali inter *BH* & *HD*, ad rectangulum sub media proportionali inter *DG* & *GB* & media proportionali inter *PI* & *IC*; & erit *A* punctum contactus. Nam si rectæ *PI* parallela *HX* Trajectoriam secet in punctis quibusvis *X* & *Y*: erit (ex Conicis) punctum *A* ita locandum, ut fuerit *HA quad.* ad *AI quad.* in ratione composita ex ratione rectanguli *XHY* ad rectangulum *BHD* seu rectanguli *CGP* ad rectangulum *DGB* & ex ratione rectanguli *BHD* ad rectangulum *PIC*. Invento autem contactus puncto *A*, describetur Trajectoria ut in casu primo. *Q. E. F.* Capi autem potest punctum *A* vel inter puncta *H* & *I*, vel extra; & perinde Trajectoria dupliciter describi.

PROPOSITIO XXIV. PROBLEMA XVI.

Trajectoriam describere quæ transibit per data tria puncta & rectas duas positione datas continget.

Dentur tangentes *HI*, *KL* & puncta *B*, *C*, *D*. Per punctorum duo quævis *B*, *D* age rectam infinitam *BD* tangentibus occurrentem in punctis *H*, *K*. Deinde etiam per alia duo quævis *C*, *D* age infinitam *CD* tangentibus occurrentem in punctis *I*, *L*. Actas ita seca in *R* & *S*, ut sit *HR* ad *KR* ut est media proportionalis inter *BH* & *HD* ad mediam proportionalem inter *BK* & *KD*; & *IS* ad *LS* ut est media proportionalis inter *CI* & *ID* ad mediam proportionalem inter *CL*

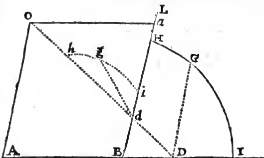
&

& $L\,D$. Seca autem pro lubitu vel inter puncta K & H, I & L, vel extra eadem: dein age RS secantem tangentes in A & P, & erunt A & P puncta contactuum. Nam si A & P supponantur esse puncta contactuum alicubi in tangentibus sita; & per punctorum H, I, K, L quodvis I, in tangente alterutra HI situm, agatur recta IY tangenti alteri KL parallela, quæ occurrat curvæ in X & Y, & in ea sumatur IZ media proportionalis inter IX & IY: erit, ex Conicis, rectangulum XIY seu IZ *quad.* ad LP *quad.* ut rectangulum CID ad rectangulum CLD, id est (per constructionem) ut SI *quad.* ad SL *quad:* atque adeo IZ ad LP ut SI ad SL. Jacent ergo puncta S, P, Z in una recta. Porro tangentibus concurrentibus in G, erit (ex Conicis) rectangulum XIY seu IZ *quad.* ad IA *quad.* ut GP *quad* ad GA *quad:* adeoque IZ & IA ut GP ad GA. Jacent ergo puncta P, Z & A in una recta, adeoque puncta S, P & A sunt in una recta. Et eodem argumento probabitur quod puncta R, P & A sunt in una recta. Jacent igitur puncta contactuum A & P in recta RS. Hisce autem inventis, Trajectoria describetur ut in casu primo Problematis superioris. *Q. E. F.*

LEMMA XXII.

Figuras in alias ejusdem generis figuras mutare.

Transmutanda sit figura quævis HGI. Ducantur pro lubitu rectæ duæ parallelæ AO, BL tertiam quamvis positione datam AB secantes in A & B, & a figuræ puncto quovis G, ad rectam AB ducatur quævis GD, ipsi OA parallela. Deinde a puncto aliquo O, in linea OA dato, ad punctum D ducatur recta OD, ipsi BL occurrens in d, & a puncto occursus erigatur recta



dg datum quemvis angulum cum recta BL continens, atque eam habens rationem ad Od quam habet DG ad OD; & erit g punctum in figura nova hgi puncto G respondens. Eadem ratione puncta singula figuræ primæ dabunt puncta totidem figura novæ. Concipe

Concipe igitur punctum G motu continuo percurrere puncta omnia figuræ primæ, & punctum g motu itidem continuo percurret puncta omnia figuræ novæ & eandem deſcribet. Diſtinctionis gratia nominemus DG ordinatam primam, dg ordinatam novam; AD abſciſſam primam, ad abſciſſam novam; O polum, OD radium abſcidentem, OA radium ordinatum primum, & Oa (quo parallelogrammum $OABa$ completur) radium ordinatum novum.

Dico jam quod, ſi punctum G tangit rectam Lineam poſitione datam, punctum g tanget etiam Lineam rectam poſitione datam. Si punctum G tangit Conicam ſectionem, punctum g tanget etiam Conicam ſectionem. Conicis ſectionibus hic Circulum annumero. Porro ſi punctum G tangit Lineam tertii ordinis Analytici, punctum g tanget Lineam tertii itidem ordinis; & ſic de curvis lineis ſuperiorum ordinum. Lineæ duæ erunt ejuſdem ſemper ordinis Analytici quas puncta G, g tangunt. Etenim ut eſt ad ad OA ita ſunt Od ad OD, dg ad DG, & AB ad AD; adeoque AD æqualis eſt $\frac{OA \times AB}{ad}$, & DG æqualis eſt $\frac{OA \times dg}{ad}$. Jam ſi punctum G tangit rectam Lineam, atque adeo in æquatione quavis, qua relatio inter abſciſſam AD & ordinatam DG habetur, indeterminatæ illæ AD & DG ad unicam tantum dimenſionem aſcendunt, ſcribendo in hac æquatione $\frac{OA \times AB}{ad}$ pro AD, & $\frac{OA \times dg}{ad}$ pro DG, producetur æquatio nova, in qua abſciſſa nova ad & ordinata nova dg ad unicam tantum dimenſionem aſcendent, atque adeo quæ deſignat Lineam rectam. Sin AD & DG (vel earum alterutra) aſcendebant ad duas dimenſiones in æquatione prima, aſcendent itidem ad & dg ad duas in æquatione ſecunda. Et ſic de tribus vel pluribus dimenſionibus. Indeterminatæ ad, dg in æquatione ſecunda & AD, DG in prima aſcendent ſemper ad eundem dimenſionum numerum, & propterea Lineæ, quas puncta G, g tangunt, ſunt ejuſdem ordinis Analytici.

Dico

Dico præterea quod si recta aliqua tangat lineam curvam in figura prima; hæc recta eodem modo cum curva in figuram novam translata tanget lineam illam curvam in figura nova: & contra. Nam si Curvæ puncta quævis duo accedunt ad invicem & coeunt in figura prima, puncta eadem translata accedent ad invicem & coibunt in figura nova, atque adeo rectæ, quibus hæc puncta junguntur, simul evadent curvarum tangentes in figura utraque. Componi possent harum assertionum Demonstrationes more magis Geometrico. Sed brevitati consulo.

Igitur si figura rectilinea in aliam transmutanda est, sufficit rectarum a quibus conflatur intersectiones transferre, & per easdem in figura nova lineas rectas ducere. Sin curvilineam transmutare oportet, transferenda sunt puncta, tangentes & aliæ rectæ quarum ope curva linea definitur. Inservit autem hoc Lemma solutioni difficiliorum Problematum, transmutando figuras propositas in simpliciores. Nam rectæ quævis convergentes transmutantur in parallelas, adhibendo pro radio ordinato primo, lineam quamvis rectam quæ per concursum convergentium transit: id adeo quia concursus ille hoc pacto abit in infinitum, lineæ autem parallelæ sunt quæ ad punctum infinite distans tendunt. Postquam autem Problema solvitur in figura nova, si per inversas operationes transmutetur hæc figura in figuram primam, habebitur solutio quæsita.

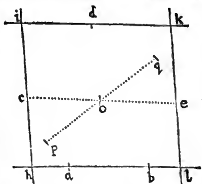
Utile est etiam hoc Lemma in solutione Solidorum Problematum. Nam quoties duæ sectiones Conicæ obvenerint, quarum intersectione Problema solvi potest, transmutare licet earum alterutram, si Hyperbola sit vel Parabola, in Ellipsin: deinde Ellipsis facile mutatur in Circulum. Recta item & sectio Conica, in constructione Planorum Problematum, vertuntur in Rectam & Circulum.

PROPOSITIO XXV. PROBLEMA XVII.

Trajectoriam describere quæ per data duo puncta transibit & rectas tres continget positione datas.

Per concursum tangentium quarumvis duarum cum se invicem, & concursum tangentis tertiæ cum recta illa, quæ per puncta duo data transit, age rectam infinitam; eaque adhibita pro radio ordinato primo, transmutetur figura, per Lemma superius, in figuram novam. In

hac figura tangentes illæ duæ evadent sibi invicem parallelæ, & tangens tertia fiet parallela rectæ per puncta duo data transeunti. Sunto *hi*, *kl* tangentes illæ duæ parallelæ, *ik* tangens tertia, & *hl* recta huic parallela transiens per puncta illa *a*, *b*, per quæ Conica sectio in hac figura nova transire debet, & parallelogrammum *hikl* complens. Secentur rectæ *hi*, *ik*, *kl* in *c*, *d*, *e*, ita ut sit *hc* ad latus quadratum rectanguli *ahb*, *ic* ad *id*, & *ke* ad *kd* ut est summa rectarum *hi* & *kl* ad summam trium linearum quarum prima est recta *ik*, & alteræ duæ sunt latera quadrata rectangulorum *ahb* & *alb*: & erunt *c*, *d*, *e* puncta contactuum. Etenim, ex Conicis, sunt *hc* quadratum ad rectangulum *ahb*, & *ic* quadratum ad *id* quadratum, & *ke* quadratum ad *kd* quadratum, & *el* quadratum ad rectangulum *alb* in eadem ratione; & propterea *hc* ad latus quadratum ipsius *ahb*, *ic* ad *id*, *ke* ad *kd*, & *el* ad latus quadratum ipsius *alb* sunt in subduplicata illa ratione, & composite, in data ratione omnium antecedentium *hi* & *kl* ad omnes consequentes, quæ sunt latus quadratum rectanguli *ahb* & recta *ik* & latus quadratum rectanguli *alb*. Habentur igitur ex data illa ratione puncta contactuum *c*, *d*, *e*, in figura nova. Per inversas operationes Lemmatis novissimi transferantur hæc puncta in figuram primam & ibi, per Probl. XIV, describetur Trajectoria. *Q. E. F.* Ceterum perinde ut puncta *a*, *b* jacent vel inter puncta *h*, *l*, vel extra, debent puncta *c*, *d*, *e* vel inter puncta *h*, *i*, *k*, *l* capi, vel extra. Si punctorum *a*, *b* alterutrum cadit inter puncta *h*, *l*, & alterum extra, Problema impossibile est.



PROPOSITIO XXVI. PROBLEMA XVIII.

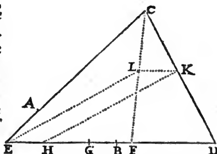
Trajectoriam describere quæ transibit per punctum datum & rectas quatuor positione datas continget.

Ab intersectione communi duarum quarumlibet tangentium ad intersectionem communem reliquarum duarum agatur recta infinita,

ta, & eadem pro radio ordinato primo adhibita, transmutetur figura (per Lem. XXII) in figuram novam, & tangentes binæ, quæ ad radium ordinatum primum concurrebant, jam evadent parallelæ. Sunto illæ *hi* & *kl*, *ik* & *hl* continentes parallelogrammum *hikl*. Sitque *p* punctum in hac nova figura, puncto in figura prima dato respondens. Per figuræ centrum *O* agatur *pq*, & existente *Oq* æquali *Op*, erit *q* punctum alterum per quod sectio Conica in hac figura nova transire debet. Per Lemmatis XXII operationem inversam transferatur hoc punctum in figuram primam, & ibi habebuntur puncta duo per quæ Trajectoria describenda est. Per eadem vero describi potest Trajectoria illa per Prob. XVII. *Q. E. F.*

LEMMA XXIII.

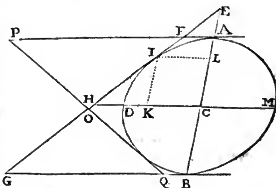
Si rectæ duæ positione datæ AC, BD *ad data puncta* A, B, *terminentur, datamque habeant rationem ad invicem, & recta* CD, *qua puncta indeterminata* C, D *junguntur, secetur in ratione data in* K: *dico quod punctum* K *locabitur in recta positione data.*



Concurrant enim rectæ *AC*, *BD* in *E*, & in *BE* capiatur *BG* ad *AE* ut est *BD* ad *AC*, sitque *FD* semper æqualis datæ *EG*; & erit ex constructione *EC* ad *GD*, hoc est, ad *EF* ut *AC* ad *BD*, adeoque in ratione data, & propterea dabitur specie triangulum *EFC*. Secetur *CF* in *L* ut sit *CL* ad *CF* in ratione *CK* ad *CD*; &, ob datam illam rationem, dabitur etiam specie triangulum *EFL*; proindeque punctum *L* locabitur in recta *EL* positione data. Junge *LK*, & similia erunt triangula *CLK*, *CFD*; &, ob datam *FD* & datam rationem *LK* ad *FD*, dabitur *LK*. Huic æqualis capiatur *EH*, & erit semper *ELKH* parallelogrammum. Locatur igitur punctum *K* in parallelogrammi illius latere positione dato *HK*. *Q. E. D.*

LEMMA XXIV.

Si rectæ tres tangant quamcunque Conisectionem, quarum duæ parallelæ sint ac dentur positione; dico quod Sectionis semidiameter hisce duabus parallela, sit media proportionalis inter harum segmenta, punctis contactuum & tangenti tertiæ interjecta.



Sunto *AF*, *GB* parallelæ duæ Conisectionem *ADB* tangentes in *A* & *B*; *EF* recta tertia Conisectionem tangens in *I*, & occurrens prioribus tangentibus in *F* & *G*; sitque *CD* semidiameter Figuræ tangentibus parallela: Dico quod *AF*, *CD*, *BG* sunt continue proportionales.

Nam si diametri conjugatæ *AB*, *DM* tangenti *FG* occurrant in *E* & *H*, seque mutuo secent in *C*, & compleatur parallelogrammum *IKCL*; erit, ex natura Sectionum Conicarum, ut *EC* ad *CA* ita *CA* ad *CL*, & ita divisim $EC-CA$ ad $CA-CL$, seu *EA* ad *AL*, & composite *EA* ad $EA+AL$ seu *EL* ut *EC* ad $EC+CA$ seu *EB*; adeoque (ob similitudinem triangulorum *EAF*, *ELI*, *ECH*, *EBG*) *AF* ad *LI* ut *CH* ad *BG*. Est itidem, ex natura Sectionum Conicarum, *LI* (seu *CK*) ad *CD* ut *CD* ad *CH*; atque, adeo ex æquo perturbate, *AF* ad *CD* ut *CD* ad *BG*. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc si tangentes duæ *FG*, *PQ* tangentibus parallelis *AF*, *BG* occurrant in *F* & *G*, *P* & *Q*, seque mutuo secent in *O*; erit (ex æquo perturbate) *AF* ad *BQ* ut *AP* ad *BG*, & divisim ut *FP* ad *GQ*, atque adeo ut *FO* ad *OG*.

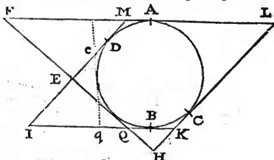
Corol. 2. Unde etiam rectæ duæ *PG*, *FQ* per puncta *P* & *G*, *F* & *Q* ductæ, concurrent ad rectam *ACB* per centrum Figuræ & puncta contactuum *A*, *B* transeuntem.

LEM-

LEMMA XXV.

Si parallelogrammi latera quatuor infinite producta tangant Sectionem quamcunque Conicam, & abscindantur ad tangentem quamvis quintam; sumantur autem laterum quorumvis duorum conterminorum abscissæ terminatæ ad angulos oppositos parallelogrammi: dico quod abscissa alterutra sit ad latus illud a quo est abscissa, ut pars lateris alterius contermini inter punctum contactus & latus tertium, est ad abscissarum alteram.

Tangant parallelogrammi $MLIK$ latera quatuor ML, IK, KL, MI sectionem Conicam in A, B, C, D, & secet tangens quinta FQ hæc latera in F, Q, H & E; sumantur autem laterum MI, KI abscissæ ME, KQ, vel laterum KL, ML abscissæ KH, MF: dico quod sit ME ad MI ut BK ad KQ; & KH ad KL ut AM ad MF. Nam per Corollarium secundum Lemmatis superioris, est ME ad EI ut (AM seu) BK ad BQ, & componendo ME ad MI ut BK ad KQ. *Q. E. D.* Item KH ad HL ut (BK seu) AM ad AF, & dividendo KH ad KL ut AM ad MF. *Q. E. D.*



Corol. 1. Hinc si datur parallelogramum $IKLM$, circa datam Sectionem Conicam descriptum, dabitur rectangulum $KQ \times ME$, ut & huic æquale rectangulum $KH \times MF$.

Corol. 2. Et si sexta ducatur tangens eq tangentibus KI, MI occurrens in q & e; rectangulum $KQ \times ME$ æquabitur rectangulo $Kq \times Me$; eritque KQ ad Me ut Kq ad ME, & divisim ut Qq ad Ee.

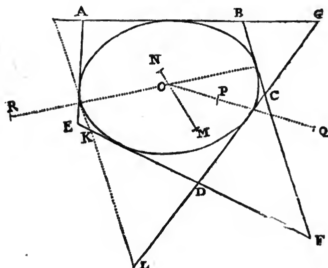
Corol. 3. Unde etiam si Eq, eQ jungantur & bisecentur, & recta per puncta bisectionum agatur, transibit hæc per centrum Sectionis Conicæ. Nam cum sit Qq ad Ee ut KQ ad Me, transibit eadem

dem recta per medium omnium Eq, eQ, MK; (per Lem. XXIII) & medium rectæ MK est centrum Sectionis.

PROPOSITIO XXVII. PROBLEMA XIX.

Trajectoriam describere quæ rectas quinque positione datas continget.

Dentur positione tangentes ABG, BCF, GCD, FDE, EA. Figuræ quadrilateræ sub quatuor quibusvis contentæ $ABFE$ diagonales AF, BE biseca, & (per Corol. 3. Lem. XXV) recta MN per puncta bisectionum acta transibit per centrum Trajectoriæ. Rursus Figuræ quadrilateræ $BGDF$, sub aliis quibusvis quatuor



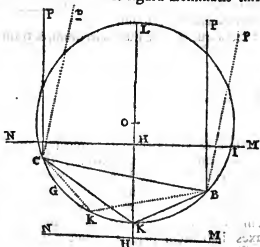
tangentibus contentæ, diagonales (ut ita dicam) BD, GF biseca in P & Q: & recta PQ per puncta bisectionum acta transibit per centrum Trajectoriæ. Dabitur ergo centrum in concursu bisecantium. Sit illud O. Tangenti cuivis BC parallelam age KL, ad eam distantiam ut centrum O in medio inter parallelas locetur, & acta KL tanget Trajectoriam describendam. Secet hæc tangentes

gentes alias quasvis duas GCD, FDE in L & K. Per harum tangentium non parallelarum CL, FK cum parallelis CF, KL concursus C & K, F & L age CK, FL concurrentes in R, & recta OR ducta & producta secabit tangentes parallelas CF, KL in punctis contactuum. Patet hoc per Corol. 2. Lem. XXIV. Eadem methodo invenire licet alia contactuum puncta, & tum demum per 1. Probl. XIV. Trajectoriam describere. *Q. E. F.*

Scholium.

Problemata, ubi dantur Trajectoriarum vel centra vel Asymptoti, includuntnr in præcedentibus. Nam datis punctis & tangentibus una cum centro, dantur alia totidem puncta aliæque tangentes a centro ex altera ejus parte æqualiter distantes. Asymptotos autem pro tangente habenda est, & ejus terminus infinite distans (si ita loqui fas sit) pro puncto contactus. Concipe tangentis cujusvis punctum contactus abire in infinitum, & tangens vertetur in Asymptoton, atque constructiones Problematis XIV & Casus primi Problematis XV vertentur in constructiones Problematum ubi Asymptoti dantur.

Postquam Trajectoria descripta est, invenire licet axes & umbilicos ejus hac methodo. In constructione & figura Lemmatis XXI, fac ut angulorum mobilium PBN, PCN crura BP, CP, quorum concursu Trajectoria describebatur, sint sibi invicem parallela, eumque servantia situm revolvantur circa polos suos B, C in figura illa. Interea vero describant altera angulorum illorum crura CN, BN, concursu suo K vel k, Circulum $IBKGC$. Sit Circuli hujus centrum O. Ab hoc centro ad Regulam



MN, ad quam altera illa crura CN, BN interea concurrebant dum

dum Trajectoria deſcribebatur, demitte normalem OH Circulo occurrentem in K & L. Et ubi crura illa altera CK, BK concurrunt ad punctum illud K quod Regulæ propius eſt, crura prima $C\mathcal{P}$, $B\mathcal{P}$ parallela erunt axi majori, & perpendicularia minori; & contrarium eveniet ſi crura eadem concurrunt ad punctum remotius L. Unde ſi detur Trajectoriæ centrum, dabuntur axes. Hiſce autem datis, umbilici ſunt in promptu.

Axium vero quadrata ſunt ad invicem ut KH ad LH, & inde facile eſt Trajectoriam ſpecie datam per data quatuor puncta deſcribere. Nam ſi duo ex punctis datis conſtituantur poli C, B, tertium dabit angulos mobiles $\mathcal{P}CK$, $\mathcal{P}BK$; his autem datis deſcribi poteſt Circulus $IBKGC$. Tum ob datam ſpecie Trajectoriam, dabitur ratio OH ad OK, adeoque ipſa OH. Centro O & intervallo OH deſcribe alium circulum, & recta quæ tangit hunc circulum, & tranſit per concurſum crurum CK, BK, ubi crura prima $C\mathcal{P}$, $B\mathcal{P}$ concurrunt ad quartum datum punctum erit Regula illa MN cujus ope Trajectoria deſcribetur. Unde etiam viciſſim Trapezium ſpecie datum (ſi caſus quidam impoſſibiles excipiantur) in data quavis Sectione Conica inſcribi poteſt.

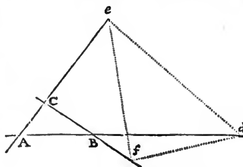
Sunt & alia Lemmata quorum ope Trajectoriæ ſpecie datæ, datis punctis & tangentibus, deſcribi poſſunt. Ejus generis eſt quod, ſi recta linea per punctum quodvis poſitione datum ducatur, quæ datam Coniſectionem in punctis duobus interſecet, & interſectionum intervallum biſecetur, punctum biſectionis tanget aliam Coniſectionem ejuſdem ſpeciei cum priore, atque axes habentem prioris axibus parallelos. Sed propero ad magis utilia.

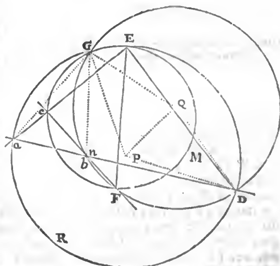
LEMMA

LEMMA XXVI.

Trianguli specie & magnitudine dati tres angulos ad rectas totidem positione datas, quæ non sunt omnes parallelæ, singulos ad singulas ponere.

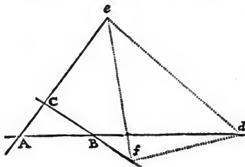
Dantur positione tres rectæ infinitæ *AB*, *AC*, *BC*, & oportet triangulum *DEF* ita locare, ut angulus ejus *D* lineam *AB*, angulus *E* lineam *AC*, & angulus *F* lineam *BC* tangat. Super *DE*, *DF* & *EF* describe tria circulorum segmenta *DRE*, *DGF*, *EMF*, quæ capiant angulos angulis *BAC*, *ABC*, *ACB* æquales respective. Describantur autem hæc segmenta ad eas partes linearum *DE*, *DF*, *EF* ut literæ *DRED* eodem ordine cum literis *BACB*, literæ *DGFD* eodem cum literis *ABCA*, & literæ *EMFE* eodem cum literis *ACBA* in orbem redeant; deinde compleantur hæc segmenta in circulos integros. Secent circuli duo priores se mutuo in *G*, sintque centra eorum *P* & *Q*. Junctis *GP*, *PQ*, cape *Ga* ad *AB* ut est *GP* ad *PQ*, & centro *G*, intervallo *Ga* describe circulum, qui secet circulum primum *DGE* in *a*. Jungatur tum *aD* secans circulum secundum *DFG* in *b*, tum *aE* secans circulum

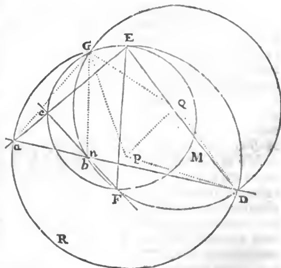




culum tertium *EMF* in *c*. Et compleatur Figura *ABCdef* similis & æqualis Figuræ *abcDEF*. Dico factum.

Agatur enim *Fc* ipsi *aD* occurrens in *n*, & jungantur *aG*, *bG*, *QG*, *QD*, *PD*. Ex constructione est angulus *EaD* æqualis angulo *CAB*, & angulus *acF* æqualis angulo *ACB*, adeoque triangulum *anc* triangulo *ABC* æquiangulum. Ergo angulus *anc* seu *FnD* angulo *ABC*, adeoque angulo *FbD* æqualis est; & propterea punctum *n* incidit in punctum *b*. Porro angulus *GPQ*, qui dimidius est anguli ad centrum *GPD*, æqualis est angulo ad circumferentiam *GaD*; & angulus *GQP*, qui dimidius est anguli ad centrum *GQD*, æqualis est complemento ad duos rectos anguli ad circumferentiam *GbD*, adeoque æqualis angulo *Gba*; suntque ideo triangula *GPQ*, *Gab* similia; & *Ga* est ad *ab* ut *GP* ad *PQ*; id est (ex constructione) ut *Ga* ad *AB*. Æquantur itaque *ab* & *AB*; & propterea triangula *abc*, *ABC*, quæ modo similia esse probavimus, sunt etiam æqualia. Unde, cum tangant insuper trianguli *DEF* anguli *D*, *E*, *F* trianguli *abc* latera *ab*, *ac*, *bc* respective, compleri potest Figura *ABCdef* Figuræ *abcDEF* similis & æqualis, atque eam complendo solvetur Problema. *Q. E. F.*





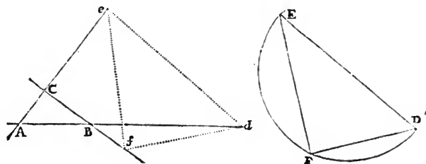
Corol.

Corol. Hinc recta duci potest cujus partes longitudine datæ rectis tribus positione datis interjacebunt. Concipe Triangulum *D E F*, puncto *D* ad latus *E F* accedente, & lateribus *D E*, *D F* in directum positis, mutari in lineam rectam, cujus pars data *D E* rectis positione datis *A B*, *A C*, & pars data *D F* rectis positione datis *A B*, *B C* interponi debet; & applicando constructionem præcedentem ad hunc casum solvetur Problema.

PROPOSITIO XXVIII. PROBLEMA XX.

Trajectoriam specie & magnitudine datam describere, cujus partes datæ rectis tribus positione datis interjacebunt.

Describenda sit Trajectoria quæ sit similis & æqualis Lineæ curvæ *D E F*, quæque a rectis tribus *A B*, *A C*, *B C* positione datis, in



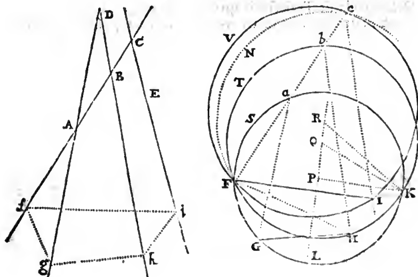
partes datis hujus partibus *D E* & *E F* similes & æquales secabitur.

Age rectas *D E*, *E F*, *D F*, & trianguli hujus *D E F* pone angulos *D*, *E*, *F* ad rectas illas positione datas (per Lem. XXVI) Dein circa triangulum describe Trajectoriam Curvæ *D E F* similem & æqualem. *Q. E. F.*

LEMMA XXVII.

Trapezium specie datum describere cujus anguli ad rectas quatuor positione datas, quæ neque omnes parallelæ sunt, neque ad commune punctum convergunt, singuli ad singulas consistent.

Dentur positione rectæ quatuor *ABC*, *AD*, *BD*, *CE*, quarum prima secet secundam in *A*, tertiam in *B*, & quartam in *C*: & describendum sit Trapezium *fghi* quod sit Trapezio *FGHI*



simile, & cujus angulus *f*, angulo dato *F* æqualis, tangat rectam *ABC*, cæterique anguli *g*, *h*, *i*, cæteris angulis datis *G*, *H*, *I* æquales, tangant cæteras lineas *AD*, *BD*, *CE* respective. Jungatur *FH* & super *FG*, *FH*, *FI* describantur totidem circulorum segmenta *FSG*, *FTH*, *FVI*; quorum primum *FSG* capiat angulum

lum æqualem angulo *BAD*, secundum *FTH* capiat angulum æqualem angulo *CBD*, ac tertium *FVI* capiat angulum æqualem angulo *ACE*. Describi autem debent segmenta ad eas partes linearum *FG*, *FH*, *FI*, ut literarum *FSGF* idem sit ordo circularis qui literarum *BADB*, utque literæ *FTHF* eodem ordine cum literis *CBDC*, & literæ *FVIF* eodem cum literis *ACEA* in orbem redeant. Compleantur segmenta in circulos integros, sitque *P* centrum circuli primi *FSG*, & *Q* centrum secundi *FTH*. Jungatur & utrinque producatur *PQ*, & in ea capiatur *QR* in ea ratione ad *PQ* quam habet *BC* ad *AB*. Capiatur autem *QR* ad eas partes puncti *Q* ut literarum *P*, *Q*, *R* idem sit ordo atque literarum *A*, *B*, *C*: centroque *R* & intervallo *RF* describatur circulus quartus *FNc* secans circulum tertium *FVI* in *c*. Jungatur *Fc* secans circulum primum in *a* & secundum in *b*. Agantur *aG*, *bH*, *cI*, & Figuræ *abcFGHI* similis constituatur Figura *ABCfghi*: Eritque Trapezium *fghi* illud ipsum quod constituere oportebat.

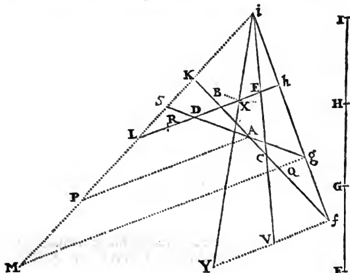
Secent enim circuli duo primi *FSG*, *FTH* se mutuo in *K*. Jungantur *PK*, *QK*, *RK*, *aK*, *bK*, *cK*, & producatur *QP* ad *L*. Anguli ad circumferentias *FaK*, *FbK*, *FcK* sunt semisses angulorum *FPK*, *FQK*, *FRK* ad centra, adeoque angulorum illorum dimidiis *LPK*, *LQK*, *LRK* æquales. Est ergo Figura *PQRK* Figuræ *abcK* æquiangula & similis, & propterea *ab* est ad *bc* ut *PQ* ad *QR*, id est, ut *AB* ad *BC*. Angulis insuper *FaG*, *FbH*, *FcI* æquantur *fAg*, *fBh*, *fCi* per constructionem. Ergo Figuræ *abcFGHI* Figura similis *ABCfghi* compleri potest Quo facto Trapezium *fghi* constituetur simile Trapezio *FGHI* & angulis suis *f*, *g*, *h*, *i* tanget rectas *ABC*, *AD*, *BD*, *CE* *Q. E. F.*

Corol. Hinc recta duci potest cujus partes, rectis quatuor positione datis dato ordine interjectæ, datam habebunt proportionem ad invicem. Augeantur anguli *FGH*, *GHI* usque eo, ut rectæ *FG*, *GH*, *HI* in directum jaceant, & in hoc casu construendo Problema, ducetur recta *fghi* cujus partes *fg*, *gh*, *hi*, rectis quatuor positione datis *AB* & *AD*, *AD* & *BD*, *BD* & *CE* interjectæ, erunt ad invicem ut lineæ *FG*, *GH*, *HI*, eundemque servabunt ordinem inter se. Idem vero sic fit expeditius.

Produ-

Producantur *AB* ad *K*, & *BD* ad *L*, ut sit *BK* ad *AB* ut *HI* ad *GH*; & *DL* ad *BD* ut *GI* ad *FG*; & jungatur *KL* occurrens rectæ *CE* in *i*. Producatur *iL* ad *M*, ut sit *LM* ad *iL* ut *GH* ad *HI*, & agatur tum *MQ* ipsi *LB* parallela rectæque *AD* occurrens in *g*, tum *gi* secans *AB*, *BD* in *f*, *h*. Dico factum.

Secet enim *Mg* rectam *AB* in *Q*, & *AD* rectam *KL* in *S*, & agatur *AP* quæ sit ipsi *BD* parallela & occurrat *iL* in *P*, & erunt *gM* ad *Lh* (*gi* ad *hi*, *Mi* ad *Li*, *GI* ad *HI*, *AK* ad *BK*) & *AP* ad *BL* in eadem ratione. Secetur *DL* in *R* ut sit



DL ad *RL* in eadem illa ratione, & ob proportionales *gS* ad *gM*, *AS* ad *AP*, & *DS* ad *DL*; erit, ex æquo, ut *gS* ad *Lh* ita *AS* ad *BL* & *DS* ad *RL*; & mixtim, *BL* − *RL* ad *Lh* − *BL* ut *AS* − *DS* ad *gS* − *AS*. Id est *BR* ad *Bh* ut *AD* ad *Ag* adeoque ut *BD* ad *gQ*. Et vicissim *BR* ad *BD* ut *Bh* ad *gQ*, seu *fh* ad *fg*. Sed ex constructione linea *BL* eadem ratione secta fuit in *D* & *R* atque linea *FI* in *G* & *H*: ideoque est *BR* ad *BD* ut *FH* ad *FG*. Ergo *fh* est ad *fg* ut *FH* ad *FG*. Cum igitur sit etiam *gi* ad *hi* ut *Mi* ad *Li*, id est, ut *GI* ad *HI*, patet lineas *FI*, *fi* in *g* & *h*, *G* & *H* similiter sectas esse. *Q. E. F.*

In

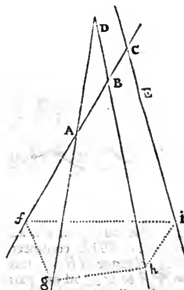
In constructione Corollarii hujus postquam ducitur LK secans CE in i, producere licet iE ad V, ut sit EV ad Ei ut FH ad HI, & agere Vf parallelam ipsi BD. Eodem recidit si centro i, intervallo IH, describatur circulus secans BD in X, & producatur iX ad Y, ut sit iY æqualis IF, & agatur Yf ipsi BD parallela.

Problematis hujus solutiones alias *Wrennus* & *Wallisius* olim excogitarunt.

PROPOSITIO XXIX. PROBLEMA XXI.

Trajectoriam specie datam describere, quæ a rectis quatuor positione datis in partes secabitur, ordine, specie & proportione datas.





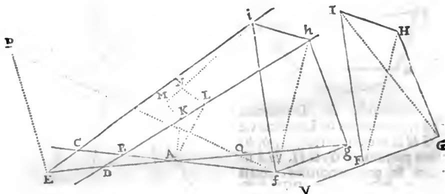
Describenda sit Trajectoria $fghi$, quæ similis sit Lineæ curvæ $FGHI$, & cujus partes fg, gh, hi illius partibus FG, GH, HI similes & proportionales, rectis AB & AD, AD & BD, BD & CE positione datis, prima primis, secunda secundis, tertia tertiis interjaceant. Actis rectis FG, GH, HI, FI, describatur (per Lem. XXVII.) Trapezium $fghi$ quod sit Trapezio $FGHI$ simile & cujus anguli f, g, h, i tangant rectas illas positione datas AB, AD, BD, CE, singuli singulas dicto ordine. Dein circa hoc Trapezium describatur Trajectoria curvæ Lineæ $FGHI$ consimilis.

Scholium.

De Motu Corporum

Scholium.

Conſtrui etiam poteſt hoc Problema ut ſequitur. Junctis *FG*, *GH*, *HI*, *FI* produc *GF* ad *V*, jungeque *FH*, *IG*, & angulis *FGH*, *VFH* fac angulos *CAK*, *DAL* æquales. Concurrant *AK*, *AL* cum recta *BD* in *K* & *L*, & inde agantur *KM*, *LN*, quarum *KM* conſtituat angulum *AKM* æqualem angulo *GHI*, ſitque ad *AK* ut eſt *HI* ad *GH*; & *LN* conſtituat angulum *ALN* æqualem angulo *FHI*, ſitque ad *AL* ut *HI* ad *FH*. Ducantur autem *AK*, *KM*, *AL*, *LN* ad eas partes linearum *AD*, *AK*, *AL*, ut literæ *CAKMC*, *ALKA*, *DALND* eodem ordine cum literis *FGHIF* in orbem redeant; & acta *MN* occurrat rectæ *CE* in *i*. Fac angulum *iEP* æqualem angulo *IGF*,



ſitque *PE* ad *Ei* ut *FG* ad *GI*; & per *P* agatur *PQf*, quæ cum recta *ADE* contineat angulum *PQE* æqualem angulo *FIG*, rectæque *AB* occurrat in *f*, & jungatur *fi*. Agantur autem *PE* & *PQ* ad eas partes linearum *CE*, *PE*, ut literarum *PEiP* & *PEQP* idem ſit ordo circularis qui literarum *FGHIF*, & ſi ſuper linea *fi* eodem quoque literarum ordine conſtituatur Trapezium *fghi* Trapezio *FGHI* ſimile, & circumſcribatur Trajectoria ſpecie data, ſolvetur Problema.

Hactenus de Orbibus inveniendis. Supereſt ut Motus corporum in Orbibus inventis determinemus.

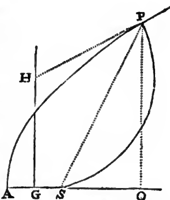
SECTIO

SECTIO VI.

De Inventione Motuum in Orbibus datis.

PROPOSITIO XXX. PROBLEMA XXII.

Corporis in data Trajectoria Parabolica moti invenire locum ad tempus assignatum.



Sit S umbilicus & A vertex principalis Parabolæ, sitque $4AS \times M$ æquale areæ Parabolicæ abscindendæ APS, quæ radio SP, vel post excessum corporis de vertice descripta fuit, vel ante appulsum ejus ad verticem describenda est. Innotescit quantitas areæ illius abscindendæ ex tempore ipsi proportionali. Biseca AS in G, erigeque perpendiculum GH æquale 3 M, & Circulus centro H, intervallo HS descriptus secabit Parabolam in loco quæsito P. Nam, demissa ad axem perpendiculari PO & ducta PH, est $AGq + GHq (= HPq = \overline{AO - AG}: quad. + \overline{PO - GH}: quad.) = AOq + POq - 2GAO - 2GH \times PO + AGq + GHq$. Unde $2GH \times PO (= AOq + POq - 2GAO) = AOq + \frac{5}{4}POq$. Pro AOq scribe $AO \times \frac{POq}{4AS}$; &, applicatis terminis omnibus ad $3PO$ ductisque in $2AS$, fiet $\frac{4}{3}GH \times AS (= \frac{1}{6}AO \times PO + \frac{1}{2}AS \times PO = \frac{AO + 3AS}{6} \times PO = \frac{4AO - 3SO}{6} \times PO =$ areæ $\overline{APO - SPO})$ = areæ APS. Sed GH erat 3 M, & inde $\frac{4}{3}GH \times AS$ est $4AS \times$ M. Ergo area abscissa APS æqualis est abscindendæ $4AS \times$ M. *Q.E.D.*

Corol. 1. Hinc GH est ad AS, ut tempus quo corpus descripsit arcum AP ad tempus quo corpus descripsit arcum inter verticem A & perpendiculum ad axem ab umbilico S erectum.

Corol. 2. Et Circulo ASP per corpus motum P perpetuo transeunte, velocitas puncti H est ad velocitatem quam corpus habuit

in vertice A, ut 3 ad 8; adeoque in ea etiam ratione est linea GH ad lineam rectam quam corpus tempore motus sui ab A ad P, ea cum velocitate quam habuit in vertice A, describere posset.

Corol. 3. Hinc etiam vice versa inveniri potest tempus quo corpus descripsit arcum quemvis assignatum AP. Junge AP & ad medium ejus punctum erige perpendiculum rectæ GH occurrens in H.

LEMMA XXVIII.

Nulla extat Figura Ovalis cujus area, rectis pro lubitu abscissa, possit per æquationes numero terminorum ac dimensionum finitas generaliter inveniri.

Intra Ovalem detur punctum quodvis, circa quod ceu polum revolvatur perpetuo linea recta, uniformi cum motu, & interea in recta illa exeat punctum mobile de polo, pergatque semper ea cum velocitate, quæ sit ut rectæ illius intra Ovalem quadratum. Hoc motu punctum illud describet Spiralem gyris infinitis. Jam si areæ Ovalis a recta illa abscissæ incrementum per finitam æquationem inveniri potest, invenietur etiam per eandem æquationem distantia puncti a polo, quæ huic areæ proportionalis est, adeoque omnia Spiralis puncta per æquationem finitam inveniri possunt: & propterea rectæ cujusvis positione datæ intersectio cum Spirali inveniri etiam potest per æquationem finitam. Atqui recta omnis infinite producta Spiralem secat in punctis numero infinitis, & æquatio, qua intersectio aliqua duarum linearum invenitur, exhibet earum intersectiones omnes radicibus totidem, adeoque ascendit ad tot dimensiones quot sunt intersectiones. Quoniam Circuli duo se mutuo secant in punctis duobus, intersectio una non invenietur nisi per æquationem duarum dimensionum, qua intersectio altera etiam inveniatur. Quoniam duarum sectionum Conicarum quatuor esse possunt intersectiones, non potest aliqua earum generaliter inveniri nisi per æquationem quatuor dimensionum, qua omnes simul inveniantur. Nam si intersectiones illæ seorsim quærantur, quoniam eadem est omnium lex & conditio, idem erit calculus in casu unoquoque & propterea eadem semper conclusio, quæ igitur debet omnes intersectiones simul complecti & indifferenter exhibere. Unde

Unde etiam intersectiones Sectionum Conicarum & Curvarum tertiæ potestatis, eo quod sex esse possunt, simul prodeunt per æquationes sex dimensionum, & intersectiones duarum Curvarum tertiæ potestatis, quia novem esse possunt, simul prodeunt per æquationes dimensionum novem. Id nisi necessario fieret, reducere liceret Problemata omnia Solida ad Plana, & plusquam Solida ad Solida. Loquor hic de Curvis potestate irreducibilibus. Nam si æquatio per quam Curva definitur, ad inferiorem potestatem reduci possit: Curva non erit unica, sed ex duabus vel pluribus composita, quarum intersectiones per calculos diversos seorsim inveniri possunt. Ad eundem modum intersectiones binæ rectarum & sectionum Conicarum prodeunt semper per æquationes duarum dimensionum; ternæ rectarum & Curvarum irreducibilium tertiæ potestatis per æquationes trium, quaternæ rectarum & Curvarum irreducibilium quartæ potestatis per æquationes dimensionum quatuor, & sic in infinitum. Ergo rectæ & Spiralis intersectiones numero infinitæ, cum Curva hæc sit simplex & in Curvas plures irreducibilis, requirunt æquationes numero dimensionum & radicum infinitas, quibus omnes possunt simul exhiberi. Est enim eadem omnium lex & idem calculus. Nam si a polo in rectam illam secantem demittatur perpendiculum, & perpendiculum illud una cum secante revolvatur circa polum, intersectiones Spiralis transibunt in se mutuo, quæque prima erat seu proxima, post unam revolutionem secunda erit, post duas tertia, & sic deinceps: nec interea mutabitur æquatio nisi pro mutata magnitudine quantitatum per quas positio secantis determinatur. Unde cum quantitates illæ post singulas revolutiones redeunt ad magnitudines primas, æquatio redibit ad formam primam, adeoque una eademque exhibebit intersectiones omnes, & propterea radices habebit numero infinitas, quibus omnes exhiberi possunt. Nequit ergo intersectio rectæ & Spiralis per æquationem finitam generaliter inveniri, & idcirco nulla extat Ovalis cujus area, rectis imperatis abscissa, possit per talem æquationem generaliter exhiberi.

Eodem argumento, si intervallum poli & puncti, quo Spiralis describitur, capiatur Ovalis perimetro abscissæ proportionale, probari potest quod longitudo perimetri nequit per finitam æquationem generaliter exhiberi. De Ovalibus autem hic loquor quæ non tanguntur a figuris conjugatis in infinitum pergentibus.

O 2 *Corol.*

Corollarium.

Hinc area Ellipseos, quæ radio ab umbilico ad corpus mobile ducto describitur, non prodit ex dato tempore, per æquationem finitam; & propterea per descriptionem Curvarum Geometrice rationalium determinari nequit. Curvas Geometrice rationales appello quarum puncta omnia per longitudines æquationibus definitas, id est, per longitudinum rationes complicatas, determinari possunt; cæterasque (ut Spirales, Quadratrices, Trochoides) Geometrice irrationales. Nam longitudines quæ sunt vel non sunt ut numerus ad numerum (quemadmodum in decimo Elementorum) sunt Arithmetice rationales vel irrationales. Aream igitur Ellipseos tempori proportionalem abscindo per Curvam Geometrice irrationalem ut sequitur.

PROPOSITIO XXXI. PROBLEMA XXIII.

Corporis in data Trajectoria Elliptica moti invenire locum ad tempus assignatum.

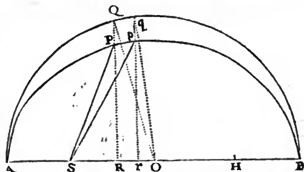
Ellipseos APB sit A vertex principalis, S umbilicus, & O centrum, sitque P corporis locus inveniendus. Produc OA ad G, ut sit OG ad OA ut OA ad OS. Erige perpendiculum GH, centroque O & intervallo OG describe circulum EFG, & super regula GH, ceu fundo, progrediatur Rota GEF revolvendo circa axem suum, & interea puncto suo A describendo Trochoidem ALI. Quo

Quo facto, cape GK in ratione ad Rotæ perimetrum $GEFG$, ut est tempus quo corpus progrediendo ab A descripsit arcum AP, ad tempus revolutionis unius in Ellipsi. Erigatur perpendiculum KL occurrens Trochoidi in L, & acta LP ipsi KG parallela occurret Ellipsi in corporis loco quæsito P.

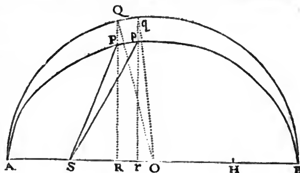
Nam centro O, intervallo OA describatur semicirculus AQB, & arcui AQ occurrat LP producta in Q, junganturque SQ, OQ. Arcui EFG occurrat OQ in F, & in eandem OQ demittatur perpendiculum SR. Area APS est ut area AQS, id est, ut differentia inter sectorem OQA & triangulum OQS, sive ut differentia rectangulorum $\frac{1}{2} OQ \times AQ$ & $\frac{1}{2} OQ \times SR$, hoc est, ob datam $\frac{1}{2} OQ$, ut differentia inter arcum AQ & rectam SR, adeoque (ob æqualitatem datarum rationum SR ad sinum arcus AQ, OS ad OA, OA ad OG, AQ ad GF, & divisim $AQ-SR$ ad $GF-$sin. arc. AQ) ut GK differentia inter arcum GF & sinum arcus AQ. Q.E.D.

Scholium.

Cæterum, cum difficilis sit hujus Curvæ descriptio, præstat solutionem vero proximam adhibere. Inveniatur tum angulus quidam B, qui sit ad angulum graduum 57,29578. quem arcus radio æqualis subtendit, ut est umbilicorum distantia SH ad Ellipseos diametrum AB; tum etiam longitudo quædam L, quæ sit ad radium in eadem ratione inverse. Quibus semel inventis, Problema deinceps confit per sequentem Analysin. Per constructionem quamvis (vel utcunque conjecturam faciendo) cognoscatur corporis locus P proximus vero ejus loco p. Demissaque ad axem Ellipseos ordinatim applicata PR, ex proportione diametrorum Ellipseos, dabitur Circuli circumscripti AQB ordinatim applicata RQ, quæ sinus est anguli AOQ existente AO radio. Sufficit angulum illum rudi calculo in numeris proximis invenire. Cognoscatur etiam angulus tempori proportionalis,

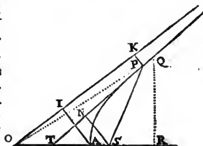


tionalis, id est, qui sit ad quatuor rectos, ut est tempus quo corpus descripsit arcum Ap, ad tempus revolutionis unius in Ellipsi. Sit angulus iste N. Tum capiatur & angulus D ad angulum B, ut est sinus iste anguli AOQ ad radium, & angulus E ad angulum $N-AOQ+D$, ut est longitudo L ad longitudinem eandem L cosinu anguli AOQ diminutam, ubi angulus iste recto minor est, auctam ubi major. Postea capiatur tum angulus F ad angulum B, ut est sinus anguli $AOQ+E$ ad radium, tum angulus G ad angulum $N-AOQ-E+F$ ut est longitudo L ad longitudinem eandem cosinu anguli $AOQ+E$ diminutam ubi angulus iste recto minor est, auctam ubi major. Tertia vice capiatur angulus H ad angulum B, ut est sinus anguli $AOQ+E+G$ ad radium; & angulus I ad angulum $N-AOQ-E-G+H$, ut est longitudo L ad eandem longitudinem cosinu anguli $AOQ+E+G$ diminutam, ubi angulus iste recto minor est, auctam ubi major. Et sic pergere licet in infinitum. Denique capiatur angulus AOq æqualis angulo $AOQ+E+G+I+$ &c. et ex cosinu ejus Or & ordinata pr, quæ est ad sinum ejus qr ut Ellipseos axis minor ad axem majorem, habebitur corporis locus correctus p. Si quando angulus $N-AOQ+D$ negativus est, debet signum $+$ ipsius E ubique mutari in $-$, & signum $-$ in $+$. Idem intelligendum est de signis ipsorum G & I, ubi anguli $N-AOQ-E+F$, & $N-AOQ-E-G+H$ negativi prodeunt. Convergit autem series infinita $AOQ+E+G+I+$ &c. quam celerrime, adeo ut vix unquam opus fuerit ultra progredi quam ad terminum secundum E. Et fundatur calculus in hoc Theoremate, quod area APS sit ut differentia inter arcum AQ & rectam ab umbilico S in Radium OQ perpendiculariter demissam.

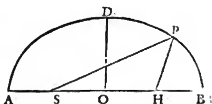


Non dissimili calculo conficitur Problema in Hyperbola. Sit ejus Centrum O, Vertex A, Umbilicus S & Asymptotos OK. Cognoscatur

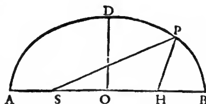
noscatur quantitas areæ abscindendæ tempori proportionalis. Sit ea A, & fiat conjectura de positione rectæ SP, quæ aream APS abscindat veræ proximam. Jungatur OP, & ab A & P ad Asymptoton agantur AI, PK Asymptoto alteri parallelæ, & per Tabulam Logarithmorum dabitur Area $AIKP$, eique æqualis area OPA, quæ subducta de triangulo OPS relinquet aream abscissam APS. Applicando areæ abscindendæ A & abscissæ APS differentiam duplam $2\,APS - 2\,A$ vel $2\,A - 2\,APS$ ad lineam SN, quæ ab umbilico S in tangentem PT perpendicularis est, orietur longitudo chordæ PQ. Inscribatur autem chorda illa PQ inter A & P, si area abscissa APS major sit area abscindenda A, secus ad puncti P contrarias partes: & punctum Q erit locus corporis accuratior. Et computatione repetita invenietur idem accuratior in perpetuum.



Atque his calculis Problema generaliter confit Analytice. Verum usibus Astronomicis accommodatior est calculus particularis qui sequitur. Existentibus AO, OB, OD semiaxibus Ellipseos, & L ipsius latere recto, ac D differentia inter semiaxem minorem OD & lateris recti semissem $\frac{1}{2}$ L; quære tum angulum Y, cujus sinus sit ad Radium ut est rectangulum sub differentia illa D, & semisumma axium $AO + OD$ ad quadratum axis majoris AB; tum angulum Z, cujus sinus sit ad Radium ut est duplum rectangulum sub umbilicorum distantia SH & differentia illa D ad triplum quadratum semiaxis majoris AO. His angulis semel inventis; locus corporis sic deinceps determinabitur. Sume angulum T proportionalem tempori quo arcus BP descriptus est, seu motui medio (ut loquuntur) æqualem; & angulum V (primam medii motus æquationem) ad angulum Y (æquationem maximam primam) ut est sinus dupli anguli T ad Radium; atque



atque angulum X (æquationem secundam) ad angulum Z (æquationem maximam secundam) ut est cubus sinus anguli T ad cubum Radii. Angulorum T, V, X vel summæ T + X + V, si angulus T recto minor est, vel differentiæ T + X − V, si is recto major est rectisque duobus minor, æqualem cape angulum *BHP* (motum medium æquatum;) &, si *HP* occurrat Ellipsi in *P*, acta *SP* abscindet aream *BSP* tempori proportionalem quamproxime. Hæc Praxis satis expedita videtur, propterea quod angulorum perexiguorum V & X (in minutis secundis, si placet, positorum) figuras duas tersve primas invenire sufficit. Sed & satis accurata est ad Theoriam Planetarum. Nam in Orbe vel Martis ipsius, cujus Æquatio centri maxima est graduum decem, error vix superabit minutum unum secundum. Invento autem angulo motus medii æquati *BHP*, angulus veri motus *BSP* & distantia *SP* in promptu sunt per *Wardi* methodum notissimam.



Hactenus de Motu corporum in lineis Curvis. Fieri autem potest ut mobile recta descendat vel recta ascendat, & quæ ad istiusmodi Motus spectant, pergo jam exponere.

SECTIO

SECTIO VII.

De Corporum Ascensu & Descensu Rectilineo.

PROPOSITIO XXXII. PROBLEMA XXIV.

Posito quod Vis centripeta sit reciproce proportionalis quadrato distantiæ locorum a centro, Spatia definire quæ corpus recta cadendo datis temporibus describit.

Cas. 1. Si Corpus non cadit perpendiculariter describet id, per Corol. 1. Prop. XIII, Sectionem aliquam Conicam cujus umbilicus congruit cum centro virium. Sit Sectio illa Conica *ARPB* & umbilicus ejus *S*. Et primo si Figura Ellipsis est, super hujus axe majore *AB* describatur Semicirculus *ADB*, & per corpus decidens transeat recta *DPC* perpendicularis ad axem; actisque *DS*, *PS* erit area *ASD* areæ *ASP* atque adeo etiam tempori proportionalis. Manente axe *AB* minuatur perpetuo latitudo Ellipseos, & semper manebit area *ASD* tempori proportionalis. Minuatur latitudo illa in infinitum: &, Orbe *APB* jam coincidente cum axe *AB* & umbilico *S* cum axis termino *B*, descendet corpus in recta *AC*, & area *ABD* evadet tempori proportionalis. Dabitur itaque Spatium *AC*, quod corpus de loco *A* perpendiculariter cadendo tempore dato describit, si modo tempori proportionalis capiatur area *ABD*, & a puncto *D* ad rectam *AB* demittatur perpendicularis *DC*. *Q. E. I.*

Cas. 2. Si Figura illa *RPB* Hyperbola eſt, deſcribatur ad eandem diametrum principalem *AB* Hyperbola rectangula *BED*: & quoniam areæ *CSP*, *CBfP*, *SPfB* ſunt ad areas *CSD*, *CBED*, *SDEB*, ſingulæ ad ſingulas, in data ratione altitudinum *CP*, *CD*; & area *SPfB* proportionalis eſt tempori quo corpus *P* movebitur per arcum *PfB*; erit etiam area *SDEB* eidem tempori proportionalis. Minuatur latus rectum Hyperbolæ *RPB* in infinitum manente latere tranſverſo, & coibit arcus *PB* cum recta *CB* & umbilicus *S* cum vertice *B* & recta *SD* cum recta *BD*. Proinde area *BDEB* proportionalis erit tempori quo corpus *C* recto deſcenſu deſcribit lineam *CB*. *Q. E. I.*



Cas. 3. Et ſimili argumento ſi Figura *RPB* Parabola eſt, & eodem vertice principali *B* deſcribatur alia Parabola *BED*, quæ ſemper maneat data interea dum Parabola prior in cujus perimetro corpus *P* movetur, diminuto & in nihilum redacto ejus latere recto, conveniat cum linea *CB*; fiet ſegmentum Parabolicum *BDEB* proportionale tempori quo corpus illud *P* vel *C* deſcendet ad centrum *S* vel *B*. *Q. E. I.*

PROPOSITIO XXXIII. THEOREMA IX.

Poſitis jam inventis, dico quod corporis cadentis Velocitas in loco quovis C *eſt ad velocitatem corporis centro* B *intervallo* BC *Circulum deſcribentis, in ſubduplicata ratione quam* AC, *diſtantia corporis a Circuli vel Hyperbolæ rectangulæ vertice ulteriore* A, *habet ad Figuræ ſemidiametrum principalem* $\frac{1}{2}$ AB.

Biſecetur *AB*, communis utriuſque Figuræ *RPB*, *DEB* diameter, in *O*; & agatur recta *PT* quæ tangat Figuram *RPB* in *P*, atque etiam

etiam fecet communem illam diametrum AB (fi opus eft productam) in T; fitque ST ad hanc rectam, & BQ ad hanc diametrum perpendicularis, atque Figuræ RPB latus rectum ponatur L. Conftat per Cor. 9. Prop. XVI, quod corporis in linea RPB circa centrum S moventis velocitas in loco quovis P fit ad velocitatem corporis intervallo SP circa idem centrum Circulum defcribentis in fubduplicata ratione rectanguli $\frac{1}{2}$ L $\times SP$ ad ST quadratum. Eft autem ex Conicis ACB ad CPq ut $2AO$ ad L, adeoque $\frac{2CPq \times AO}{ACB}$ æquale L. Ergo velocitates illæ funt ad invicem in fubduplicata ratione $\frac{CPq \times AO \times SP}{ACB}$ ad ST *quad.* Porro ex Conicis eft CO ad BO ut BO ad TO, & compofite vel divifim ut CB ad BT. Unde vel dividendo vel componendo fit BO–vel$+CO$ ad BO ut CT ad BT, id eft AC ad AO ut CP ad BQ; indeque $\frac{CPq \times AO \times SP}{ACB}$ æquale eft $\frac{BQq \times AC \times SP}{AO \times BC}$. Minuatur jam in infinitum Figuræ RPB latitudo CP, fic ut punctum P coeat cum puncto C, punctumque S cum puncto B, & linea SP cum linea BC, lineaque ST cum linea BQ; & corporis jam recta defcendentis in linea CB velocitas fiet ad velocitatem corporis centro B intervallo BC Circulum defcribentis, in fubduplicata ratione ipfius $\frac{BQq \times AC \times SP}{AO \times BC}$ ad STq, hoc eft (neglectis æqualitatis rationibus SP ad BC & BQq ad STq) in fubduplicata ratione AC ad AO five $\frac{1}{2}$ AB. *Q. E. D.*

Corol. 1. Punctis B & S coeuntibus, fit TC ad TS ut AC ad AO.

Corol. 2. Corpus ad datam a centro diftantiam in Circulo quovis revolvens, motu fuo furfum verfo afcendet ad duplam fuam a centro diftantiam.

PROPOSITIO XXXIV. THEOREMA X.

Si Figura BED *Parabola est, dico quod corporis cadentis Velocitas in loco quovis* C *æqualis est velocitati qua corpus centro* B *dimidio intervalli sui* BC *Circulum uniformiter describere potest.*

R, D, C, P, S, E, B, Q, Y, T, O, A

Nam corporis Parabolam *RPB* circa centrum *S* describentis velocitas in loco quovis *P* (per Corol. 7. Prop. XVI) æqualis est velocitati corporis dimidio intervalli *SP* Circulum circa idem centrum *S* uniformiter describentis. Minuatur Parabolæ latitudo *CP* in infinitum eo, ut arcus Parabolicus *PfB* cum recta *CB*, centrum *S* cum vertice *B*, & intervallum *SP* cum intervallo *BC* coincidat, & constabit Propositio. *Q. E. D.*

PROPOSITIO XXXV. THEOREMA XI.

Iisdem positis, dico quod area Figuræ DES, *radio indefinito* SD *descripta, æqualis sit areæ quam corpus, radio dimidium lateris recti Figuræ* DES *æquante, circa centrum* S *uniformiter gyrando, eodem tempore describere potest.*

Nam concipe corpus *C* quam minima temporis particula lineolam *Cc* cadendo describere, & interea corpus aliud *K*, uniformiter in Circulo *OKk* circa centrum *S* gyrando, arcum *Kk* describere. Erigantur perpendicula *CD*, *cd* occurrentia Figuræ *DES* in *D*, *d*. Jungantur *SD*, *Sd*, *SK*, *Sk* & ducatur *Dd* axi *AS* occurens in *T*, & ad eam demittatur perpendiculum *ST*.

Cas.

Cas. 1. Jam si Figura DES Circulus est vel Hyperbola, bisecetur ejus transversa diameter AS in O, & erit SO dimidium lateris recti. Et quoniam est TC ad TD ut Cc ad Dd, & TD ad TS ut CD ad ST, erit ex æquo TC ad TS ut $CD \times Cc$ ad $ST \times Dd$. Sed per Corol. 1. Prop. XXXIII, est TC ad TS ut AC ad AO, puta si in coitu punctorum D, d capiantur linearum rationes ultimæ. Ergo AC est ad (AO seu) SK ut $CD \times Cc$ ad $ST \times Dd$. Porro corporis descendentis velocitas in C est ad velocitatem corporis Circulum intervallo SC circa centrum S describentis in subduplicata ratione AC ad (AO vel) SK (per Prop. XXXIII.) Et hæc velocitas ad velocitatem corporis describentis Circulum OKk in subduplicata ratione SK ad SC per Cor. 6. Prop. IV, & ex æquo velocitas prima ad ultimam, hoc est lineola Cc ad arcum Kk in subduplicata ratione AC ad SC, id est in ratione AC ad CD. Quare est $CD \times Cc$ æquale $AC \times Kk$, & propterea AC ad SK ut $AC \times Kk$ ad $ST \times Dd$, indeq; $SK \times Kk$ æquale $ST \times Dd$, & $\frac{1}{2} SK \times Kk$ æquale $\frac{1}{2} ST \times Dd$, id est area KSk æqualis areæ SDd. Singulis igitur temporis particulis generantur arearum duarum particulæ KSk, & SDd, quæ, si magnitudo earum minuatur & numerus augeatur in infinitum, rationem obtinent æqualitatis, & propterea (per Corollarium Lemmatis IV) areæ totæ simul genitæ sunt semper æquales. *Q. E. D.*

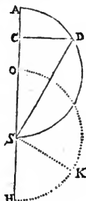
Cas. 2. Quod si Figura DES Parabola sit, invenietur esse ut supra $CD \times Cc$ ad $ST \times Dd$ ut TC ad TS, hoc est ut 2 ad 1, adeoque $\frac{1}{4} CD \times Cc$ æquale esse $\frac{1}{2} ST \times Dd$. Sed corporis cadentis velocitas in C æqualis est velocitati qua Circulus intervallo $\frac{1}{2} SC$ uniformiter describi possit (per Prop. XXXIV) Et hæc velocitas ad velocitatem qua Circulus radio SK describi possit, hoc est, lineola Cc ad arcum Kk (per Corol. 6. Prop. IV) est in subduplicata ratione SK ad $\frac{1}{2} SC$, id est, in ratione SK ad $\frac{1}{2} CD$. Quare est $\frac{1}{2} SK \times Kk$ æquale $\frac{1}{4} CD \times Cc$, adeoque æquale $\frac{1}{2} ST \times Dd$, hoc est, area KSk æqualis areæ SDd, ut supra. *Q. E. D.*

PROPO-

PROPOSITIO XXXVI. PROBLEMA XXV.

Corporis de loco dato A cadentis determinare Tempora descensus.

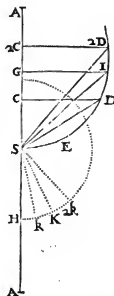
Super diametro *AS* (diſtantia corporis a centro ſub initio) deſcribe Semicirculum *ADS*, ut & huic æqualem Semicirculum *OKH* circa centrum *S*. De corporis loco quovis *C* erige ordinatim applicatam *CD*. Junge *SD*, & areæ *ASD* æqualem conſtitue ſectorem *OSK*. Patet per Prop. xxxv, quod corpus cadendo deſcribet ſpatium *AC* eodem Tempore quo corpus aliud uniformiter circa centrum *S* gyrando, deſcribere poteſt arcum *OK*. *Q. E. F.*



PROPOSITIO XXXVII. PROBLEMA XXVI.

Corporis de loco dato ſurſum vel deorſum projecti definire Tempora aſcenſus vel deſcenſus.

Exeat corpus de loco dato *G* ſecundum lineam *ASG* cum velocitate quacunque. In duplicata ratione hujus velocitatis ad uniformem in Circulo velocitatem, qua corpus ad intervallum datum *SG* circa centrum *S* revolvi poſſet, cape *GA* ad $\frac{1}{2}$ *AS*. Si ratio illa eſt numeri binarii ad unitatem, punctum *A* infinite diſtat, quo caſu Parabola vertice *S*, axe *SC*, latere quovis recto deſcribenda eſt. Patet hoc per Prop. xxxiv. Sin ratio illa minor vel major eſt quam 2 ad 1, priore caſu Circulus, poſteriore Hyperbola rectangula ſuper diametro *SA* deſcribi debet. Patet per Prop. xxxiii. Tum centro *S*, intervallo æquante dimidium lateris recti, deſcribatur Circulus *HKk*, & ad corporis aſcendentis vel deſcendentis loca duo quævis *G*, *C*, erigantur perpendicula *GI*, *CD* occurrentia Conicæ Sectioni vel Circulo in *I* ac *D*.



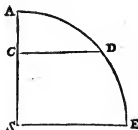
Dein

Dein junctis SI, $S\mathcal{D}$, fiant segmentis $SEIS$, $SE\mathcal{D}S$, sectores HSK, HSk æquales, & per Prop. xxxv, corpus G describet spatium GC eodem Tempore quo corpus K describere potest arcum Kk. *Q. E. F.*

PROPOSITIO XXXVIII. THEOREMA XII.

Posito quod Vis centripeta proportionalis sit altitudini seu distantiæ locorum a centro, dico quod cadentium Tempora, Velocitates & Spatia descripta sunt arcubus, arcuumque sinibus rectis & sinibus versis respective proportionalia.

Cadat corpus de loco quovis A secundum rectam AS; & centro virium S, intervallo AS, describatur Circuli quadrans AE, sitque $C\mathcal{D}$ sinus rectus arcus cujusvis $A\mathcal{D}$; & corpus A, Tempore $A\mathcal{D}$, cadendo describet Spatium AC, inque loco C acquiret Velocitatem $C\mathcal{D}$.



Demonstratur eodem modo ex Propositione x, quo Propositio xxxii, ex Propositione xi demonstrata fuit.

Corol. 1. Hinc æqualia sunt Tempora quibus corpus unum de loco A cadendo pervenit ad centrum S, & corpus aliud revolvendo describit arcum quadrantalem $A\mathcal{D}E$.

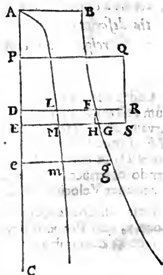
Corol. 2. Proinde æqualia sunt Tempora omnia quibus corpora de locis quibusvis ad usque centrum cadunt. Nam revolventium tempora omnia periodica (per Corol. 3. Prop. iv.) æquantur.

PROPO-

PROPOSITIO XXXIX. PROBLEMA XXVII.

Posita cujuscunque generis Vi centripeta, & concessis figurarum curvilinearum quadraturis, requiritur corporis recta ascendentis vel descendentis tum Velocitas in locis singulis, tum Tempus quo corpus ad locum quemvis perveniet: Et contra.

De loco quovis A in recta $ADEC$ cadat corpus E, deque loco ejus E erigatur semper perpendicularis EG, vi centripetæ in loco illo ad centrum C tendenti proportionalis: Sitque BFG linea curva quam punctum G perpetuo tangit. Coincidat autem EG ipso motus initio cum perpendiculari AB, & erit corporis Velocitas in loco quovis E ut areæ curvilineæ $ABGE$ latus quadratum. *Q. E. I.*



In EG capiatur EM lateri quadrato areæ $ABGE$ reciproce proportionalis, & sit ALM linea curva quam punctum M perpetuo tangit, & erit Tempus quo corpus cadendo describit lineam AE ut area curvilinea $ALME$. *Q. E. I.*

Etenim in recta AE capiatur linea quam minima DE datæ longitudinis, sitque DLF locus lineæ EMG ubi corpus versabatur in D; & si ea sit vis centripeta, ut areæ $ABGE$ latus quadratum sit ut descendentis velocitas, erit area ipsa in duplicata ratione velocitatis, id est, si pro velocitatibus in D & E scribantur V & $V+I$, erit area $ABFD$ ut VV, & area $ABGE$ ut $VV+2VI+II$, & divisim area $DFGE$ ut $2VI+II$, adeoque $\frac{DFGE}{DE}$ ut $\frac{2VI+II}{DE}$, id est, si primæ quantitatum nascentium rationes sumantur, longitudo DF ut quantitas $\frac{2VI}{DE}$, adeoque etiam ut quantitatis hujus dimidium $\frac{I \times V}{DE}$. Est autem tempus quo corpus

corpus cadendo describit lineolam DE, ut lineola illa directe & velocitas V inverse, estque vis ut velocitatis incrementum I directe & tempus inverse, adeoque si primæ nascentium rationes sumantur, ut $\frac{I \times V}{DE}$, hoc est, ut longitudo DF. Ergo Vis ipsi DF vel EG proportionalis facit ut corpus ea cum Velocitate descendat quæ sit ut areæ $ABGE$ latus quadratum. *Q. E. D.*

Porro cum tempus, quo quælibet longitudinis datæ lineola DE describatur, sit ut velocitas inverse adeoque ut areæ $ABFD$ latus quadratum inverse; sitque DL, atque adeo area nascens $DLME$, ut idem latus quadratum inverse: erit tempus ut area $DLME$, & summa omnium temporum ut summa omnium arearum, hoc est (per Corol. Lem. IV) Tempus totum quo linea AE describitur ut area tota AME. *Q. E. D.*

Corol. 1. Si P sit locus de quo corpus cadere debet, ut, urgente aliqua uniformi vi centripeta nota (qualis vulgo supponitur Gravitas) velocitatem acquirat in loco D æqualem velocitati quam corpus aliud vi quacunque cadens acquisivit eodem loco D, & in perpendiculari DF capiatur DK, quæ sit ad DF ut vis illa uniformis ad vim alteram in loco D, & compleatur rectangulum $PDRQ$, eique æqualis abscindatur area $ABFD$; erit A locus de quo corpus alterum cecidit. Namque completo rectangulo $DRSE$, cum sit area $ABFD$ ad aream $DFGE$ ut VV ad 2 V I, adeoque ut $\frac{1}{2}$V ad I, id est, ut semissis velocitatis totius ad incrementum velocitatis corporis vi inæquabili cadentis; & similiter area $PQRD$ ad aream $DRSE$ ut semissis velocitatis totius ad incrementum velocitatis corporis uniformi vi cadentis; sintque incrementa illa (ob æqualitatem temporum nascentium) ut vires generatrices, id est, ut ordinatim applicatæ DF, DR, adeoque ut areæ nascentes $DFGE$, $DRSE$; erunt (ex æquo) areæ totæ $ABFD$, $PQRD$ ad invicem ut semisses totarum velocitatum, & propterea (ob æqualitatem velocitatum) æquantur.

Corol. 2. Unde si corpus quodlibet de loco quocunque D data cum velocitate vel sursum vel deorsum projiciatur, & detur lex vis centripetæ, invenietur velocitas ejus in alio quovis loco e, erigendo ordinatam eg, & capiendo velocitatem illam ad velocitatem in loco D ut est latus quadratum rectanguli $PQRD$ area curvilinea $DFge$ vel aucti, si locus e est loco D inferior, vel diminuti, si is superior est, ad latus quadratum rectanguli solius $PQRD$, id est, ut $\sqrt{PQRD + \text{vel} - DFge}$ ad $\sqrt{PQRD}$.

Q *Corol.*

Corol. 3. Tempus quoque innotescet erigendo ordinatam *em* reciproce proportionalem lateri quadrato ex $PQRD$+vel−$DFge$, & capiendo tempus quo corpus descripsit lineam De ad tempus quo corpus alterum vi uniformi cecidit a P & cadendo pervenit ad D, ut area curvilinea $DLme$ ad rectangulum $2PD \times DL$. Namque tempus quo corpus vi uniformi descendens descripsit lineam PD est ad tempus quo corpus idem descripsit lineam PE in subduplicata ratione PD ad PE, id est (lineola DE jamjam nascente) in ratione PD ad $PD + \frac{1}{2}DE$ seu $2PD$ ad $2PD + DE$, & divisim, ad tempus quo corpus idem descripsit lineolam DE ut $2PD$ ad DE, adeoque ut rectangulum $2PD \times DL$ ad aream $DLME$; estque tempus quo corpus utrumque descripsit lineolam DE ad tempus quo corpus alterum inæquabili motu descripsit lineam De ut area $DLME$ ad aream $DLme$, & ex æquo tempus primum ad tempus ultimum ut rectangulum $2PD \times DL$ ad aream $DLme$.

SECTIO VIII.

De Inventione Orbium in quibus corpora Viribus quibuscunque centripetis agitata revolvuntur.

PROPOSITIO XL. THEOREMA XIII.

Si corpus, cogente Vi quacunque centripeta, moveatur utcunque, & corpus aliud recta ascendat vel descendat, sintque eorum Velocitates in aliquo æqualium altitudinum casu æquales, Velocitates eorum in omnibus æqualibus altitudinibus erunt æquales.

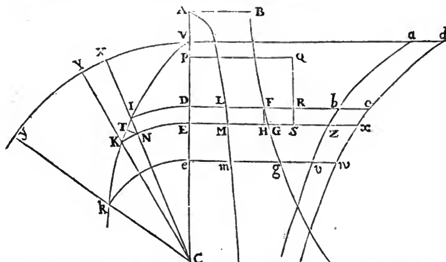
Descendat corpus aliquod ab A per D, E, ad centrum C, & moveatur corpus aliud a V in linea curva $VIKk$. Centro C intervallis quibusvis describantur circuli concentrici DI, EK rectæ AC in D & E, curvæque VIK in I & K occurrentes. Jungatur IC occurrens ipsi KE in N; & in IK demittatur perpendiculum NT; sitque circumferentiarum circulorum intervallum DE vel IN quam minimum, & habeant corpora in D & I velocitates

tes æquales. Quoniam diſtantiæ *CD*, *CI* æquantur, erunt vires centripetæ in *D* & *I* æquales. Exponantur hæ vires per æquales lineolas *DE*, *IN*; & ſi vis una *IN* (per Legum Corol. 2.) reſolvatur in duas *NT* & *IT*, vis *NT*, agendo ſecundum lineam *NT* corporis curſui *ITK* perpendicularem, nil mutabit velocitatem corporis in curſu illo, ſed retrahet ſolummodo corpus a curſu rectilineo, facietque ipſum de Orbis tangente perpetuo deflectere, inque via curvilinea *ITKk* progredi. In hoc effectu producendo vis illa tota conſumetur: vis autem altera *IT*, ſecundum corporis curſum agendo, tota accelerabit illud, ac dato tempore quam minimo accelerationem generabit ſibi ipſi proportionalem. Proinde corporum in *D* & *I* accelerationes æqualibus temporibus factæ (ſi ſumantur linearum naſcentium *DE*, *IN*, *IK*, *IT*, *NT* rationes primæ) ſunt ut lineæ *DE*, *IT*: temporibus autem inæqualibus ut lineæ illæ & tempora conjunctim. Tempora autem quibus *DE* & *IK* deſcribuntur, ob æqualitatem velocitatum ſunt ut viæ deſcriptæ *DE* & *IK*, adeoque accelerationes, in curſu corporum per lineas *DE* & *IK*, ſunt ut *DE* & *IT*, *DE* & *IK* conjunctim, id eſt ut *DE quad* & $IT \times IK$ *rectangulum*. Sed *rectangulum* $IT \times IK$ æquale eſt *IN quadrato*, hoc eſt, æquale *DE quadrato*; & propterea accelerationes in tranſitu corporum a *D* & *I* ad *E* & *K* æquales generantur. Æquales igitur ſunt cor-

porum velocitates in *E* & *K* & eodem argumento ſemper reperientur æquales in ſubſequentibus æqualibus diſtantiis. *Q. E. D.*

Sed & eodem argumento corpora æquivelocia & æqualiter a centro diſtantia, in aſcenſu ad æquales diſtantias æqualiter retardabuntur. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc ſi corpus vel funipendulum oſcilletur, vel impedimento quovis politiſſimo & perfecte lubrico cogatur in linea curva moveri, & corpus aliud recta aſcendat vel deſcendat, ſintque velocitates eorum in eadem quacunque altitudine æquales: erunt velocitates eorum in aliis quibuſcunque æqualibus altitudinibus æquales. Namque impedimento vaſis abſolute lubrici idem præſtatur quod vi tranſverſa *NT*. Corpus eo non retardatur, non acceleratur, ſed tantum cogitur de curſu rectilineo diſcedere.



Corol. 2. Hinc etiam ſi quantitas P ſit maxima a centro diſtantia, ad quam corpus vel oſcillans vel in Trajectoria quacunque revolvens, deque quovis Trajectoriæ puncto, ea quam ibi habet velocitate ſurſum projectum aſcendere poſſit; ſitque quantitas A diſtantia corporis a centro in alio quovis Orbitæ puncto, & vis centripeta ſemper ſit ut ipſius A dignitas quælibet A^{n-1}, cujus Index $n-1$ eſt numerus quilibet n unitate diminutus; velocitas corporis in omni altitudine A erit ut $\sqrt{P^n - A^n}$, atque adeo datur. Namque velocitas recta aſcendentis ac deſcendentis (per Prop. XXXIX) eſt in hac ipſa ratione.

PROPO-

PROPOSITIO XLI. PROBLEMA XXVIII.

Posita cujuscunque generis Vi centripeta & concessis Figurarum curvilinearum quadraturis, requiruntur tum Trajectoriæ in quibus corpora movebuntur, tum Tempora motuum in Trajectoriis inventis.

Tendat vis quælibet ad centrum *C* & invenienda sit Trajectoria *VITKk*. Detur Circulus *VXY* centro *C* intervallo quovis *CV* descriptus, centroque eodem describantur alii quivis circuli *ID*, *KE* Trajectoriam secantes in *I* & *K* rectamque *CV* in *D* & *E*. Age tum rectam *CNIX* secantem circulos *KE*, *VY* in *N* & *X*, tum rectam *CKY* occurrentem circulo *VXY* in *Y*. Sint autem puncta *I* & *K* sibi invicem vicinissima, & pergat corpus ab *V* per *I*, *T* & *K* ad *k*; sitque punctum *A* locus ille de quo corpus aliud cadere debet ut in loco *D* velocitatem acquirat æqualem velocitati corporis prioris in *I*; & stantibus quæ in Propositione XXXIX, lineola *IK*, dato tempore quam minimo descripta, erit ut velocitas atque adeo ut latus quadratum areæ *ABFD*, & triangulum *ICK* tempori proportionale dabitur, adeoque *KN* erit reciproce ut altitudo *IC*, id est, si detur quantitas aliqua Q, & altitudo *IC* nominetur A, ut $\frac{Q}{A}$. Hanc quantitatem $\frac{Q}{A}$ nominemus Z; & ponamus eam esse magnitudinem ipsius Q ut sit in aliquo casu $\sqrt{ABFD}$ ad Z ut est *IK* ad *KN*, & erit in omni casu $\sqrt{ABFD}$ ad Z ut *IK* ad *KN*, & *ABFD* ad ZZ ut *IK q.* ad *KN q.* & divisim $ABFD - ZZ$ ad ZZ ut *IN quad* ad *KN quad*, adeoque $\sqrt{ABFD-ZZ}$ ad (Z seu) $\frac{Q}{A}$ ut *IN* ad *KN*, & propterea $A \times KN$ æquale $\frac{Q \times IN}{\sqrt{ABFD-ZZ}}$. Unde cum $YX \times XC$ sit ad $A \times KN$ ut $CX q$ ad AA, erit rectangulum $YX \times XC$ æquale $\frac{Q \times IN \times CX\,quad.}{AA\sqrt{ABFD-ZZ}}$. Igitur si in perpendiculo *DF* capiantur semper *Db*, *Dc* ipsis $\frac{Q}{2\sqrt{ABFD-ZZ}}$ & $\frac{Q \times CX\,quad.}{2AA\sqrt{ABFD-ZZ}}$ æquales respective, & describantur curvæ lineæ *ab*, *cd* quas

puncta

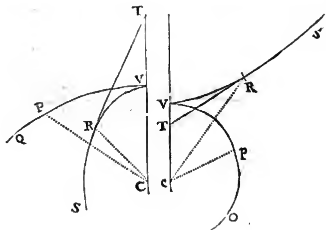
puncta b, c perpetuo tangunt; deque puncto V ad lineam AC erigatur perpendiculum Vad abscindens areas curvilineas $VDba$, $VDcd$, & erigantur etiam ordinatæ Ez, Ex: quoniam rectangulum $Db \times IN$ seu $DbzE$ æquale est dimidio rectanguli $A \times KN$, seu triangulo ICK; & rectangulum $Dc \times IN$ seu $DcxE$ æquale est dimidio rectanguli $YX \times XC$, seu triangulo XCY; hoc est, quoniam arearum $VDba$, VIC æquales semper sunt nascentes particulæ $DbzE$, ICK, & arearum $VDcd$, VCX æquales semper sunt nascentes particulæ $DcxE$, XCY, erit area genita $VDba$ æqualis areæ genitæ VIC, adeoque tempori proportionalis, & area genita $VDcd$ æqualis Sectori genito VCX. Dato igitur tempore quovis ex quo corpus discessit de loco V, dabitur area ipsi proportionalis $VDba$, & inde dabitur corporis altitudo CD vel CI; & area $VDcd$, eique æqualis Sector VCX una cum ejus angulo VCI. Datis autem angulo VCI & altitudine CI datur locus I, in quo corpus completo illo tempore reperietur. *Q. E. I.*

Corol. 1. Hinc maximæ minimæque corporum altitudines, id est Apsides Trajectoriarum expedite inveniri possunt. Sunt enim Apsides puncta illa in quibus recta IC per centrum ducta incidit perpendiculariter in Trajectoriam VIK: id quod fit ubi rectæ IK & NK æquantur, adeoque ubi area $ABFD$ æqualis est ZZ.

Corol. 2. Sed & angulus KIN, in quo Trajectoria alibi secat lineam illam IC, ex data corporis altitudine IC expedite invenitur; nimirum capiendo sinum ejus ad radium ut KN ad IK, id est, ut Z ad latus quadratum areæ $ABFD$.

Corol. 3. Si centro C & vertice principali V describatur Sectio quælibet Conica VRS, & a quovis ejus puncto R agatur Tangens RT occurrens axi infinite producto CV in puncto T; dein juncta CR ducatur recta CP, quæ æqualis sit abscissæ CT, angulumque VCP Sectori VCR proportionalem constituat; tendat autem ad centrum C Vis centripeta Cubo distantiæ locorum a centro reciproce proportionalis, & exeat corpus de loco V justa cum Velocitate secundum lineam rectæ CV perpendicularem: progredietur corpus illud in Trajectoria quam punctum P perpetuo tangit; adeoque si Conica sectio $CVRS$ Hyperbola sit, descendet idem ad centrum: Sin ea Ellipsis sit, ascendet illud perpetuo & abibit in infinitum. Et contra, si corpus quacunque cum Velocitate exeat de loco V, & perinde ut inceperit vel oblique descendere ad centrum, vel ab eo oblique

lique ascendere, Figura *CVRS* vel Hyperbola sit vel Ellipsis, inveniri potest Trajectoria augendo vel minuendo angulum *VCP* in data aliqua ratione. Sed &, Vi centripeta in centrifugam versa,



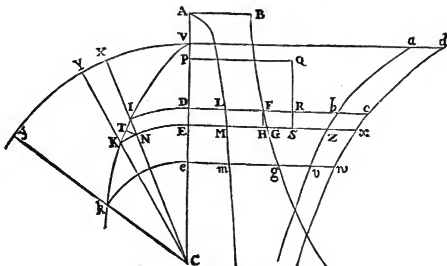
ascendet corpus oblique in Trajectoria *VPQ* quæ invenitur capiendo angulum *VCP* Sectori Elliptico *CVRC* proportionalem, & longitudinem *CP* longitudini *CT* æqualem ut supra. Consequuntur hæc omnia ex Propositione præcedente, per Curvæ cujusdam quadraturam, cujus inventionem, ut satis facilem, brevitatis gratia missam facio.

PROPOSITIO XLII. PROBLEMA XXIX.

Data lege Vis centripetæ, requiritur motus corporis de loco dato data cum Velocitate secundum datam rectam egressi.

Stantibus quæ in tribus Propositionibus præcedentibus: exeat corpus de loco *I* secundum lineolam *IT*, ea cum Velocitate quam corpus aliud, vi aliqua uniformi centripeta, de loco *P* cadendo acquirere posset in *D*: sitque hæc vis uniformis ad vim qua corpus primum

primum urgetur in *I*, ut *DR* ad *DF*. Pergat autem corpus versus *k*; centroque *C* & intervallo *Ck* describatur circulus *ke* occurrens rectæ *PD* in *e*, & erigantur curvarum *ALMm*, *BFGg*, *abzv*, *dcxw*



ordinatim applicatæ *em*, *eg*, *ev*, *ew*. Ex dato rectangulo *PDRQ*, dataque lege vis centripetæ qua corpus primum agitatur, dantur curvæ lineæ *BFGg*, *ALMm*, per constructionem Problematis XXVII, & ejus Corol. 1. Deinde ex dato angulo *CIT* datur proportio nascentium *IK*, *KN*, & inde, per constructionem Prob. XXVIII, datur quantitas Q, una cum curvis lineis *abzv*, *dcxw*: adeoque completo tempore quovis *Dbve*, datur tum corporis altitudo *Ce* vel *Ck*, tum area *Dcwe*, eique æqualis Sector *XCy*, angulusque *ICk* & locus *k* in quo corpus tunc versabitur. *Q. E. I.*

Supponimus autem in his Propositionibus Vim centripetam in recessu quidem a centro variari secundum legem quamcunque quam quis imaginari potest, in æqualibus autem a centro distantiis esse undeque eandem. Atque hactenus Motum corporum in Orbibus immobilibus consideravimus. Superest ut de Motu eorum in Orbibus qui circa centrum virium revolvuntur adjiciamus pauca.

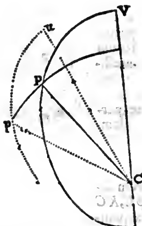
SECTIO

SECTIO IX.

De Motu Corporum in Orbibus mobilibus, deque motu Apſidum.

PROPOSITIO XLIII. PROBLEMA XXX.

Efficiendum eſt ut corpus in Trajectoria quacunque circa centrum Virium revolvente perinde moveri poſſit, atque corpus aliud in eadem Trajectoria quieſcente.



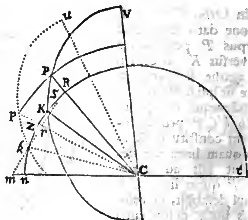
In Orbe VPK poſitione dato revolvatur corpus P pergendo a V verſus K. A centro C agatur ſemper Cp, quæ ſit ipſi CP æqualis, angulumque VCp angulo VCP proportionalem conſtituat; & area quam linea Cp deſcribit erit ad aream VCP quam linea CP ſimul deſcribit, ut velocitas lineæ deſcribentis Cp ad velocitatem lineæ deſcribentis CP; hoc eſt, ut angulus VCp ad angulum VCP, adeoque in data ratione, & propterea tempori proportionalis. Cum area tempori proportionalis ſit quam linea Cp in plano immobili deſcribit, manifeſtum eſt quod corpus, cogente juſtæ quantitatis Vi centripeta, revolvi poſſit una cum puncto p in Curva illa linea quam punctum idem p ratione jam expoſita deſcribit in plano immobili. Fiat angulus VCu angulo PCp, & linea Cu lineæ CV, atque Figura uCp Figuræ VCP æqualis, & corpus in p ſemper exiſtens movebitur in

 peri-

perimetro Figuræ revolventis *uCp*, eodemque tempore describet arcum ejus *up* quo corpus aliud *P* arcum ipsi similem & æqualem *VP* in Figura quiescente *VPK* describere potest. Quæratur igitur, per Corollarium quintum propositionis VI, Vis centripeta qua corpus revolvi possit in Curva illa linea quam punctum *p* describit in plano immobili, & solvetur Problema. *Q. E. F.*

PROPOSITIO XLIV. THEOREMA XIV.

Differentia Virium, quibus corpus in Orbe quiescente, & corpus aliud in eodem Orbe revolvente æqualiter moveri possunt, est in triplicata ratione communis altitudinis inverse.



Partibus Orbis quiescentis *VP*, *PK* sunto similes & æquales Orbis revolventis partes *up*, *pk*; & punctorum *P*, *K* distantia intelligatur esse quam minima. A puncto *k* in rectam *pC* demitte perpendiculum *kr*, idemque produc ad *m*, ut sit *mr* ad *kr* ut angulus *VCp* ad angulum *VCP*. Quoniam corporum altitudines *PC* & *pC*, *KC* & *kC* semper æquantur, manifestum est quod linearum *PC* & *pC* incrementa vel decrementa semper sint æqualia, ideoque si corporum in locis *P* & *p* existentium distinguantur motus singuli (per Legum Corol. 2.) in binos, quorum hi versus centrum, sive secundum lineas *PC*, *pC* determinentur, & alteri prioribus transversi sint, & secundum lineas ipsis *PC*, *pC* perpendiculares directionem habeant; motus versus centrum erunt æquales, & motus transversus corporis *p* erit ad motum transversum corporis *P*, ut motus angularis lineæ *pC*, ad motum angularem lineæ *PC*, id est, ut

ut angulus VCp ad angulum $VC\mathcal{P}$. Igitur eodem tempore quo corpus $\mathcal{P}$ motu suo utroque pervenit ad punctum K, corpus p æquali in centrum motu æqualiter movebitur a p versus C, adeoque completo illo tempore reperietur alicubi in linea mkr, quæ per punctum k in lineam pC perpendicularis est; & motu transverso acquiret distantiam a linea pC, quæ sit ad distantiam quam corpus alterum $\mathcal{P}$ acquirit a linea $\mathcal{P}C$, ut est motus transversus corporis p ad motum transversum corporis alterius $\mathcal{P}$. Quare cum kr æqualis sit distantiæ quam corpus $\mathcal{P}$ acquirit a linea $\mathcal{P}C$, sitque mr ad kr ut angulus VCp ad angulum $VC\mathcal{P}$, hoc est, ut motus transversus corporis p ad motum transversum corporis $\mathcal{P}$, manifestum est quod corpus p completo illo tempore reperietur in loco m. Hæc ita se habebunt ubi corpora p & $\mathcal{P}$ æqualiter secundum lineas pC & $\mathcal{P}C$ moventur, adeoque æqualibus Viribus secundum lineas illas urgentur. Capiatur autem angulum pCn ad angulum pCk ut est angulus VCp ad angulus $VC\mathcal{P}$, sitque nC æqualis kC, & corpus p completo illo tempore revera reperietur in n; adeoque Vi majore urgetur quam corpus $\mathcal{P}$, si modo angulus mCp angulo kCp major est, id est si Orbis upk vel movetur in consequentia, vel movetur in antecedentia majore celeritate quam sit dupla ejus qua linea $C\mathcal{P}$ in consequentia fertur; & Vi minore si Orbis tardius movetur in antecedentia. Estque Virium differentia ut locorum intervallum mn, per quod corpus illud p ipsius actione, dato illo temporis spatio, transferri debet. Centro C intervallo Cn vel Ck describi intelligatur Circulus secans lineas mr, mn productas in s & t, & erit rectangulum $mn \times mt$ æquale rectangulo $mk \times ms$, adeoque mn æquale $\frac{mk \times ms}{mt}$. Cum autem triangula pCk, pCn dentur magnitudine, sunt kr & mr, earumque differentia mk & summa ms reciproce ut altitudo pC, adeoque rectangulum $mk \times ms$ est reciproce ut quadratum altitudinis pC. Est & mt directe ut $\frac{1}{2}\,mt$, id est, ut altitudo pC. Hæ sunt primæ rationes linearum nascentium; & hinc fit $\frac{mk \times ms}{mt}$, id est lineola nascens mn, eique proportionalis Virium differentia reciproce ut cubus altitudinis pC. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc differentia virium in locis $\mathcal{P}$ & p vel K & k, est ad vim qua corpus motu Circulari revolvi possit ab R ad K eodem tempore quo corpus $\mathcal{P}$ in Orbe immobili describit arcum $\mathcal{P}K$, ut lineola nascens mn ad sinum versum arcus nascentis RK, id est

ut

 ut $\frac{mk \times ms}{mt}$ ad $\frac{rkq}{2kC}$, vel ut $mk \times ms$ ad rk quadratum; hoc est, si capiantur datæ quantitates F, G in ea ratione ad invicem quam habet angulus *VCP* ad angulum *VCp*, ut GG − FF ad FF. Et propterea, si centro *C* intervallo quovis *CP* vel *Cp* describatur Sector circularis æqualis areæ toti *VPC*, quam corpus *P* tempore quovis in Orbe immobili revolvens radio ad centrum ducto descripsit: differentia virium, quibus corpus *P* in Orbe immobili & corpus *p* in Orbe mobili revolvuntur, erit ad vim centripetam qua corpus aliquod radio ad centrum ducto Sectorem illum, eodem tempore quo descripta sit area *VPC* uniformiter describere potuisset; ut GG − FF ad FF. Namque Sector ille & area *pCk* sunt ad invicem ut tempora quibus describuntur.

Corol. 2. Si Orbis *VPK* Ellipsis sit umbilicum habens *C* & Apsidem summam *V*; eique similis & æqualis ponatur Ellipsis *upk*, ita ut sit semper *pC* æqualis *PC*, & angulus *VCp* sit ad angulum *VCP* in data ratione G ad F; pro altitudine autem *PC* vel *pC* scribatur A, & pro Ellipseos latere recto ponatur 2R: erit vis qua corpus in Ellipsi mobili revolvi potest, ut $\frac{FF}{AA} + \frac{RGG - RFF}{A\ cub.}$ & contra. Exponatur enim vis qua corpus revolvatur in immota Ellipsi per quantitatem $\frac{FF}{AA}$, & vis in *V* erit $\frac{FF}{CV\ quad.}$. Vis autem qua corpus in Circulo ad distantiam *CV* ea cum velocitate revolvi posset quam corpus in Ellipsi revolvens habet in *V*, est ad vim qua corpus in Ellipsi revolvens urgetur in Apside *V*, ut dimidium lateris recti Ellipseos ad Circuli semidiametrum *CV*, adeoque valet $\frac{RFF}{CV\ cub.}$: & vis quæ sit ad hanc ut GG − FF ad FF, valet $\frac{RGG - RFF}{CV\ cub.}$: estque hæc vis (per hujus Corol. 1.) differentia virium in *V* quibus corpus *P* in Ellipsi immota *VPK*, & corpus *p* in Ellipsi mobili *upk* revolvuntur. Unde cum (per hanc Prop.) differentia illa in alia quavis altitudine A sit ad seipsam in altitudine *CV* ut $\frac{1}{A\ cub.}$ ad $\frac{1}{CV\ cub.}$, eadem differentia in omni altitudine A valebit $\frac{RGG - RFF}{A\ cub.}$. Igitur ad vim $\frac{FF}{AA}$ qua corpus revolvi potest in Ellipsi immobili *VPK*, addatur excessus $\frac{RGG - RFF}{A\ cub.}$ & componetur vis tota $\frac{FF}{AA} + \frac{RGG - RFF}{A\ cub.}$

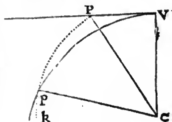
qua

qua corpus in Ellipsi mobili upk iisdem temporibus revolvi possit.

Corol. 3. Ad eundem modum colligetur quod, si Orbis immobilis VPK Ellipsis sit centrum habens in virium centro C; eique similis, æqualis & concentrica ponatur Ellipsis mobilis upk; sitque 2 R Ellipseos hujus latus rectum principale, & 2 T latus transversum sive axis major, atque angulus VCp semper sit ad angulum VCP ut G ad F; vires quibus corpora in Ellipsi immobili & mobili temporibus æqualibus revolvi possunt, erunt ut $\frac{FFA}{T\,cub.}$ & $\frac{FFA}{T\,cub.}+\frac{RGG-RFF}{A\,cub.}$ respective.

Corol. 4. Et universaliter, si corporis altitudo maxima CV nominetur T, & radius curvaturæ quam Orbis VPK habet in V, id est radius Circuli æqualiter curvi, nominetur R, & vis centripeta qua corpus in Trajectoria quacunque immobili VPK revolvi potest, in loco V dicatur $\frac{VFF}{TT}$, atque aliis in locis P indefinite dicatur X, altitudine CP nominata A, & capiatur G ad F in data ratione anguli VCp ad angulum VCP: erit vis centripeta qua corpus idem eosdem motus in eadem Trajectoria upk circulariter mota temporibus iisdem peragere potest, ut summa virium $X+\frac{VRGG-VRFF}{A\,cub.}$

Corol. 5. Dato igitur motu corporis in Orbe quocunque immobili, augeri vel minui potest ejus motus angularis circa centrum virium in ratione data, & inde inveniri novi Orbes immobiles in quibus corpora novis viribus centripetis gyrentur.



Corol. 6. Igitur si ad rectam CV positione datam erigatur perpendiculum VP longitudinis indeterminatæ, jungaturque CP, & ipsi æqualis agatur Cp, constituens angulum VCp, qui sit ad angulum VCP in data ratione; vis qua corpus gyrari potest in Curva illa Vpk quam punctum p perpetuo tangit, erit reciproce ut cubus altitudinis Cp. Nam corpus P, per vim inertiæ, nulla alia vi urgente, uniformiter progredi potest in recta VP. Addatur vis in centrum C, cubo altitudinis CP vel Cp reciproce proportionalis, & (per jam demonstrata) detorquebitur motus ille rectilineus in lineam curvam.

 curvam Vpk. Est autem hæc Curva Vpk eadem cum Curva illa VPQ in Corol. 3. Prop. XLI inventa, in qua ibi diximus corpora hujusmodi viribus attracta oblique ascendere.

PROPOSITIO XLV. PROBLEMA XXXI.

Orbium qui sunt Circulis maxime finitimi requiruntur motus Apsidum.

Problema solvitur Arithmetice faciendo ut Orbis, quem corpus in Ellipsi mobili (ut in Propositionis superioris Corol. 2, vel 3) revolvens describit in plano immobili, accedat ad formam Orbis cujus Apsides requiruntur, & quærendo Apsides Orbis quem corpus illud in plano immobili describit. Orbes autem eandem acquirent formam, si vires centripetæ quibus describuntur, inter se collatæ, in æqualibus altitudinibus reddantur proportionales. Sit punctum V Apsis summa, & scribantur T pro altitudine maxima CV, A pro altitudine quavis alia CP vel Cp, & X pro altitudinum differentia $CV - CP$; & vis qua corpus in Ellipsi circa umbilicum suum C (ut in Corollario 2.) revolvente movetur, quæque in Corollario 2. erat ut $\frac{FF}{AA} + \frac{RGG - RFF}{A\,cub.}$, id est ut $\frac{FFA + RGG - RFF}{A\,cub.}$, substituendo $T - X$ pro A, erit ut $\frac{RGG - RFF + TFF - FFX}{A\,cub.}$. Reducenda similiter est vis alia quævis centripeta ad fractionem cujus denominator sit A *cub.*, & numeratores, facta homologorum terminorum collatione, statuendi sunt analogi. Res Exemplis patebit.

Exempl. 1. Ponamus vim centripetam uniformem esse, adeoque ut $\frac{A\,cub.}{A\,cub.}$, sive (scribendo $T - X$ pro A in Numeratore) ut $\frac{T\,cub. - 3TTX + 3TXX - X\,cub.}{A\,cub.}$; & collatis Numeratorum terminis correspondentibus, nimirum datis cum datis & non datis cum non datis, fiet $RGG - RFF + TFF$ ad $T\,cub.$ ut $-FFX$ ad $-3TTX + 3TXX - X\,cub.$ sive ut $-FF$ ad $-3TT + 3TX - XX$. Jam cum Orbis ponatur Circulo quam maxime finitimus, coeat Orbis cum Circulo; & ob factas R, T æquales, atque X in infinitum

nitum diminutam, rationes ultimæ erunt RGG ad T *cub.* ut $-FF$ ad $-3TT$ seu GG ad TT ut FF ad 3TT & vicissim GG ad FF ut TT ad 3TT id est, ut 1 ad 3; adeoque G ad F, hoc est angulus *VCp* ad angulum *VCP*, ut 1 ad $\sqrt{3}$. Ergo cum corpus in Ellipsi immobili, ab Apside summa ad Apsidem imam descendendo conficiat angulum *VCP* (ut ita dicam) gradum 180; corpus aliud in Ellipsi mobili, atque adeo in Orbe immobili de quo agimus, ab Apside summa ad Apsidem imam descendendo conficiet angulum *VCp* gradum $\frac{180}{\sqrt{3}}$: id adeo ob similitudinem Orbis hujus, quem corpus agente uniformi vi centripeta describit, & Orbis illius quem corpus in Ellipsi revolvente gyros peragens describit in plano quiescente. Per superiorem terminorum collationem similes redduntur hi Orbes, non universaliter, sed tunc cum ad formam circularem quam maxime appropinquant. Corpus igitur uniformi cum vi centripeta in Orbe propemodum circulari revolvens, inter Apsidem summam & Apsidem imam conficiet semper angulum $\frac{180}{\sqrt{3}}$ graduum, seu 103 *gr.* 55 *m.* 23 *sec.* ad centrum; perveniens ab Apside summa ad Apsidem imam ubi semel confecit hunc angulum, & inde ad Apsidem summam rediens ubi iterum confecit eundem angulum; & sic deinceps in infinitum.

Exempl. 2. Ponamus vim centripetam esse ut altitudinis A dignitas quælibet A^{n-3} seu $\frac{A^n}{A^3}$: ubi $n-3$ & n significant dignitatum indices quoscunque integros vel fractos, rationales vel irrationales, affirmativos vel negativos. Numerator ille A^n seu $\overline{T-X}^n$ in seriem indeterminatam per Methodum nostram Serierum convergentium reducta, evadit $T^n - nXT^{n-1} + \frac{nn-n}{2}XXT^{n-2}$ &c. Et collatis hujus terminis cum terminis Numeratoris alterius $RGG - RFF + TFF - FFX$, fit $RGG - RFF + TFF$ ad T^n ut $-FF$ ad $-nT^{n-1} + \frac{nn-n}{2}XT^{n-2}$ &c. Et sumendo rationes ultimas ubi Orbes ad formam circularem accedunt, fit RGG ad T^n ut $-FF$ ad $-nT^{n-1}$, seu GG ad T^{n-1} ut FF ad nT^{n-1}, & vicissim GG ad FF ut T^{n-1} ad nT^{n-1} id est ut 1 ad n; adeoque G ad F, id est angulus *VCp* ad angulum *VCP*, ut

ut 1 ad $\sqrt{n}$. Quare cum angulus *VCP*, in descensu corporis ab Apside summa ad Apsidem imam in Ellipsi confectus, sit graduum 180; conficietur angulus *VCp*, in descensu corporis ab Apside summa ad Apsidem imam, in Orbe propemodum Circulari quem corpus quodvis vi centripeta dignitati A^{n-3} proportionali describit, æqualis angulo graduum $\frac{180}{\sqrt{n}}$; & hoc angulo repetito corpus redibit ab Apside ima ad Apsidem summam, & sic deinceps in infinitum. Ut si vis centripeta sit ut distantia corporis a centro, id est, ut A seu $\frac{A^4}{A^3}$, erit *n* æqualis 4 & $\sqrt{n}$ æqualis 2; adeoque angulus inter Apsidem summam & Apsidem imam æqualis $\frac{180}{2}$ *gr.* seu 90 *gr.* Completa igitur quarta parte revolutionis unius corpus perveniet ad Apsidem imam, & completa alia quarta parte ad Apsidem summam, & sic deinceps per vices in infinitum. Id quod etiam ex Propositione x. manifestum est. Nam corpus urgente hac vi centripeta revolvetur in Ellipsi immobili, cujus centrum est in centro virium. Quod si vis centripeta sit reciproce ut distantia, id est directe ut $\frac{1}{A}$ seu $\frac{A^2}{A^3}$, erit *n* æqualis 2, adeoque inter Apsidem summam & imam angulus erit graduum $\frac{180}{\sqrt{2}}$ seu 127 *gr.* 16 *m.* 45 *sec.* & propterea corpus tali vi revolvens, perpetua anguli hujus repetitione, vicibus alternis ab Apside summa ad imam & ab ima ad summam perveniet in æternum. Porro si vis centripeta sit reciproce ut latus quadrato-quadratum undecimæ dignitatis altitudinis, id est reciproce ut $A^{\frac{11}{4}}$, adeoque directe ut $\frac{1}{A^{\frac{11}{4}}}$ seu ut $\frac{A^{\frac{1}{4}}}{A^3}$ erit *n* æqualis $\frac{1}{4}$, & $\frac{180}{\sqrt{n}}$ *gr.* æqualis 360 *gr.* & propterea corpus de Apside summa discedens & subinde perpetuo descendens, perveniet ad Apsidem imam ubi complevit revolutionem integram, dein perpetuo ascensu complendo aliam revolutionem integram, redibit ad Apsidem summam: & sic per vices in æternum.

Exempl. 3. Assumentes *m* & *n* pro quibusvis indicibus dignitatum Altitudinis, & *b*, *c* pro numeris quibusvis datis, ponamus vim centripetam esse ut $\frac{bA^m + cA^n}{A\ cub.}$, id est, ut $\frac{b \text{ in } \overline{T-X}^m + c \text{ in } \overline{T-X}^n}{A\ cub.}$ seu (per eandem Methodum nostram Serierum convergentium) ut

$$\frac{bT^m + cT^n - mbXT^{m-1} - ncXT^{n-1} + \frac{mm-m}{2}bXXT^{m-2} + \frac{nn-n}{2}cXXT^{n-2} \ \&c.}{A\ cub.}$$

&

& collatis numeratorum terminis, fiet RGG − RFF + TFF ad $bT^{m} + cT^{n}$, ut − FF ad $-mbT^{m-1} - ncT^{n-1} + \frac{mm-m}{2}bXT^{m-2} + \frac{nn-n}{2}cXT^{n-2}$ &c. Et sumendo rationes ultimas quæ prodeunt ubi Orbes ad formam circularem accedunt, fit GG ad $bT^{m-1} + cT^{n-1}$, ut FF ad $mbT^{m-1} + ncT^{n-1}$, & vicissim GG ad FF ut $bT^{m-1} + cT^{n-1}$ ad $mbT^{m-1} + ncT^{n-1}$. Quæ proportio, exponendo altitudinem maximam *CV* seu T Arithmetice per Unitatem, fit GG ad FF ut $b + c$ ad $mb + nc$, adeoque ut 1 ad $\frac{mb+nc}{b+c}$. Unde est G ad F, id est angulus *VCp* ad angulum *VCP*, ut 1 ad $\sqrt{\frac{mb+nc}{b+c}}$. Et propterea cum angulus *VCP* inter Apsidem summam & Apsidem imam in Ellipsi immobili sit 180*gr.* erit angulus *VCp* inter easdem Apsides, in Orbe quem corpus vi centripeta quantitati $\frac{bA^{m} + cA^{n}}{A\,cub.}$ proportionali describit, æqualis angulo graduum $180\sqrt{\frac{b+c}{mb+nc}}$. Et eodem argumento si vis centripeta sit ut $\frac{bA^{m} - cA^{n}}{A\,cub.}$, angulus inter Apsides invenietur graduum $180\sqrt{\frac{b-c}{mb-nc}}$. Nec secus resolvetur Problema in casibus difficilioribus. Quantitas cui vis centripeta proportionalis est, resolvi semper debet in Series convergentes denominatorem habentes A *cub.* Dein pars data numeratoris qui ex illa operatione provenit ad ipsius partem alteram non datam, & pars data numeratoris hujus RGG − RFF + TFF − FFX ad ipsius partem alteram non datam in eadem ratione ponendæ sunt: Et quantitates superfluas delendo, scribendoque Unitatem pro T, obtinebitur proportio G ad F.

Corol. 1. Hinc si vis centripeta sit ut aliqua altitudinis dignitas, inveniri potest dignitas illa ex motu Apsidum; & contra. Nimirum si motus totus angularis, quo corpus redit ad Apsidem eandem, sit ad motum angularem revolutionis unius, seu graduum 360, ut numerus aliquis *m* ad numerum alium *n*, & altitudo nominetur A: erit vis ut altitudinis dignitas illa $A^{\frac{nn}{mm}-3}$, cujus Index

dex eſt $\frac{nn}{mm}-3$. Id quod per Exempla ſecunda manifeſtum eſt. Unde liquet vim illam in majore quam triplicata altitudinis ratione, in receſſu a centro, decreſcere non poſſe: Corpus tali vi revolvens deque Apſide diſcedens, ſi cœperit deſcendere nunquam perveniet ad Apſidem imam ſeu altitudinem minimam, ſed deſcendet uſque ad centrum, deſcribens Curvam illam lineam de qua egimus in Cor. 3. Prop. XLI. Sin cœperit illud, de Apſide diſcedens, vel minimum aſcendere; aſcendet in infinitum, neque unquam perveniet ad Apſidem ſummam. Deſcribet enim Curvam illam lineam de qua actum eſt in eodem Corol. & in Corol. 6, Prop. XLIV. Sic & ubi vis, in receſſu a centro, decreſcit in majore quam triplicata ratione altitudinis, corpus de Apſide diſcedens, perinde ut cœperit deſcendere vel aſcendere, vel deſcendet ad centrum uſque vel aſcendet in infinitum. At ſi vis, in receſſu a centro, vel decreſcat in minore quam triplicata ratione altitudinis, vel creſcat in altitudinis ratione quacunque; corpus nunquam deſcendet ad centrum uſque, ſed ad Apſidem imam aliquando perveniet: & contra, ſi corpus de Apſide ad Apſidem alternis vicibus deſcendens & aſcendens nunquam appellat ad centrum; vis in receſſu a centro aut augebitur, aut in minore quam triplicata altitudinis ratione decreſcet: & quo citius corpus de Apſide ad Apſidem redierit, eo longius ratio virium recedet a ratione illa triplicata. Ut ſi corpus revolutionibus 8 vel 4 vel 2 vel $1\frac{1}{2}$ de Apſide ſumma ad Apſidem ſummam alterno deſcenſu & aſcenſu redierit; hoc eſt, ſi fuerit m ad n ut 8 vel 4 vel 2 vel $1\frac{1}{3}$ ad 1, adeoque $\frac{nn}{mm}-3$ valeat $\frac{1}{64}-3$ vel $\frac{1}{16}-3$ vel $\frac{1}{4}-3$ vel $\frac{4}{9}-3$: erit vis ut $A^{\frac{1}{64}-3}$ vel $A^{\frac{1}{16}-3}$ vel $A^{\frac{1}{4}-3}$ vel $A^{\frac{4}{9}-3}$, id eſt, reciproce ut $A^{3-\frac{1}{64}}$ vel $A^{3-\frac{1}{16}}$ vel $A^{3-\frac{1}{4}}$ vel $A^{3-\frac{4}{9}}$. Si corpus ſingulis revolutionibus redierit ad Apſidem eandem immotam; erit m ad n ut 1 ad 1, adeoque $A^{\frac{nn}{mm}-3}$ æqualis A^{-2} ſeu $\frac{1}{AA}$; & propterea decrementum virium in ratione duplicata altitudinis, ut in præcedentibus demonſtratum eſt. Si corpus partibus revolutionis unius vel tribus quartis, vel duabus tertiis, vel una tertia, vel una quarta, ad Apſidem eandem redierit; erit m ad n ut $\frac{3}{4}$ vel $\frac{2}{3}$ vel $\frac{1}{3}$ vel $\frac{1}{4}$ ad 1, adeoque $A^{\frac{nn}{mm}-3}$ æqualis $A^{\frac{16}{9}-3}$ vel $A^{\frac{9}{4}-3}$ vel A^{9-3} vel A^{16-3}; & propterea vis aut reciproce ut

$A^{\frac{11}{9}}$

$A^{\frac{11}{9}}$ vel $A^{\frac{1}{4}}$, aut directe ut A^6 vel A^{13}. Denique si corpus pergendo ab Apside summa ad Apsidem summam confecerit revolutionem integram, & præterea gradus tres, adeoque Apsis illa singulis corporis revolutionibus confecerit in consequentia gradus tres; erit m ad n ut 363 *gr.* ad 360 *gr.* sive ut 121 ad 120, adeoque $A^{\frac{nn}{mm}-3}$ erit æquale $A^{-\frac{29523}{14641}}$, & propterea vis centripeta reciproce ut $A^{\frac{29523}{14641}}$ seu reciproce ut $A^{2\frac{4}{243}}$ proxime. Decrescit igitur vis centripeta in ratione paulo majore quam duplicata, sed quæ vicibus $59\frac{1}{4}$ propius ad duplicatam quam ad triplicatam accedit.

Corol. 2. Hinc etiam si corpus, vi centripeta quæ sit reciproce ut quadratum altitudinis, revolvatur in Ellipsi umbilicum habente in centro virium, & huic vi centripetæ addatur vel auferatur vis alia quævis extranea; cognosci potest (per Exempla tertia) motus Apsidum qui ex vi illa extranea orietur: & contra. Ut si vis qua corpus revolvitur in Ellipsi sit ut $\frac{1}{AA}$, & vis extranea ablata ut cA, adeoque vis reliqua ut $\frac{A - cA^4}{A\,cub.}$; erit (in Exemplis tertiis) b æqualis 1, m æqualis 1, n æqualis 4, adeoque angulus revolutionis inter Apsides æqualis angulo graduum $180\sqrt{\frac{1-c}{1-4c}}$. Ponatur vim illam extraneam esse 357,45 partibus minorem quam vis altera qua corpus revolvitur in Ellipsi, id est c esse $\frac{100}{35745}$, existente A vel T æquali 1; & $180\sqrt{\frac{1-c}{1-4c}}$ evadet $180\sqrt{\frac{35645}{35345}}$, seu 180,7623, id est, 180 *gr.* 45 *m.* 44 *s.* Igitur corpus de Apside summa discedens, motu angulari 180 *gr.* 45 *m.* 44 *s.* perveniet ad Apsidem imam, & hoc motu duplicato ad Apsidem summam redibit: adeoque Apsis summa singulis revolutionibus progrediendo conficiet 1 *gr.* 31 *m.* 28 *sec.*

Hactenus de Motu corporum in Orbibus quorum plana per centrum Virium transeunt. Superest ut Motus etiam determinemus in planis excentricis. Nam Scriptores qui Motum gravium tractant, considerare solent ascensus & descensus ponderum, tam obliquos in planis quibuscunque datis, quam perpendiculares: & pari jure Motus corporum Viribus quibuscunque centra

tra petentium, & planis excentricis innitentium hic considerandus venit. Plana autem supponimus esse politissima & absolute lubrica ne corpora retardent. Quinimo, in his demonstrationibus, vice planorum quibus corpora incumbunt quæque tangunt incumbendo, usurpamus plana his parallela, in quibus centra corporum moventur & Orbitas movendo describunt. Et eadem lege Motus corporum in superficiebus Curvis peractos subinde determinamus.

SECTIO X.

De Motu Corporum in Superficiebus datis, deque Funipendulorum Motu reciproco.

PROPOSITIO XLVI. PROBLEMA XXXII.

Posita cujuscunque generis Vi centripeta, datoque tum Virium centro tum Plano quocunque in quo corpus revolvitur, & concessis Figurarum curvilinearum quadraturis: requiritur Motus corporis de loco dato, data cum Velocitate, secundum rectam in Plano illo datam egressi.

Sit S centrum Virium, SC distantia minima centri hujus a Plano dato, P corpus de loco P secundum rectam PZ egrediens, Q corpus idem in Trajectoria sua revolvens, & PQR Trajectoria illa, in Plano dato descripta, quam invenire oportet. Jungantur CQ, QS, & si in QS capiatur SV proportionalis vi centripetæ qua corpus trahitur versus centrum S, & agatur VT quæ sit parallela CQ & occurrat SC in T: Vis SV resolvetur (per Legum Corol. 2.) in vires ST, TV; quarum ST trahendo corpus secundum lineam plano perpendicularem, nil mutat motum ejus in hoc plano. Vis autem altera TV, agendo secundum positionem plani, trahit corpus directe versus punctum C in plano datum, adeoque facit illud in hoc plano perinde moveri ac si vis ST tolleretur, & corpus vi sola TV revolveretur circa centrum C in spatio libero. Data autem vi

vi centripeta *TV* qua corpus *Q* in ſpatio libero circa centrum datum *C* revolvitur, datur per Prop. XLII, tum Trajectoria *PQR* quam corpus deſcribit, tum locus *Q* in quo corpus ad datum quodvis tempus verſabitur, tum denique velocitas corporis in loco illo *Q*; & contra. *Q. E. I.*

PROPOSITIO XLVII. THEOREMA XV.

Poſito quod Vis centripeta proportionalis ſit diſtantiæ corporis a centro; corpora omnia in planis quibuſcunque revolventia deſcribent Ellipſes, & revolutiones Temporibus æqualibus peragent; quæque moventur in lineis rectis, ultro citroque diſcurrendo, ſingulas eundi & redeundi periodos iiſdem Temporibus abſolvent.

Nam, ſtantibus quæ in ſuperiore Propoſitione, vis *SV* qua corpus *Q* in plano quovis *PQR* revolvens trahitur verſus centrum *S* eſt ut diſtantia *SQ*; atque adeo ob proportionales *SV* & *SQ*, *TV* & *CQ*, vis *TV* qua corpus trahitur verſus punctum *C* in Orbis plano datum, eſt ut diſtantia *CQ*. Vires igitur, quibus corpora in plano *PQR* verſantia trahuntur verſus punctum *C*, ſunt pro ratione diſtantiarum æquales viribus quibus corpora undiquaque trahuntur verſus centrum *S*; & propterea corpora movebuntur iiſdem Temporibus, in iiſdem Figuris, in plano quovis *PQR* circa punctum *C*, atque in ſpatiis liberis circa centrum *S*; adeoque (per Corol. 2. Prop. X, & Corol. 2. Prop. XXXVIII) Temporibus ſemper æqua-

 æqualibus, vel deſcribent Ellipſes in plano illo circa centrum *C*, vel periodos movendi ultro citroque in lineis rectis per centrum *C* in plano illo ductis, complebunt. *Q. E. D.*

Scholium.

His affines ſunt aſcenſus ac deſcenſus corporum in ſuperficiebus curvis. Concipe lineas curvas in plano deſcribi, dein circa axes quoſvis datos per centrum Virium tranſeuntes revolvi, & ea revolutione ſuperficies curvas deſcribere; tum corpora ita moveri ut eorum centra in his ſuperficiebus perpetuo reperiantur. Si corpora illa oblique aſcendendo & deſcendendo currant ultro citroque peragentur eorum motus in planis per axem tranſeuntibus, atque adeo in lineis curvis quarum revolutione curvæ illæ ſuperficies genitæ ſunt. Iſtis igitur in caſibus ſufficit motum in his lineis curvis conſiderare.

PROPOSITIO XLVIII. THEOREMA XVI.

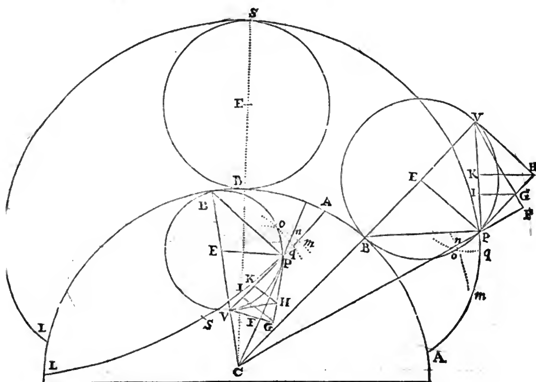
Si Rota Globo extrinſecus ad angulos rectos inſiſtat, & more rotarum revolvendo progrediatur in circulo maximo; longitudo Itineris curvilinei, quod punctum quodvis in Rotæ perimetro datum, ex quo Globum tetigit, confecit, (quodque Cycloidem vel Epicycloidem nominare licet) erit ad duplicatum ſinum verſum arcus dimidii qui Globum ex eo tempore inter eundum tetigit, ut ſumma diametrorum Globi & Rotæ ad ſemidiametrum Globi.

PROPOSITIO XLIX. THEOREMA XVII.

Si Rota Globo concavo ad rectos angulos intrinſecus inſiſtat & revolvendo progrediatur in circulo maximo; longitudo Itineris curvilinei quod punctum quodvis in Rotæ perimetro datum, ex quo Globum tetigit, confecit, erit ad duplicatum ſinum verſum arcus dimidii qui Globum toto hoc tempore inter eundum tetigit, ut differentia diametrorum Globi & Rotæ ad ſemidiametrum Globi.

Sit

Sit *ABL* Globus, *C* centrum ejus, *BPV* Rota ei insistens, *E* centrum Rotæ, *B* punctum contactus, & *P* punctum datum in perimetro Rotæ. Concipe hanc Rotam pergere in circulo maximo *ABL* ab *A* per *B* versus *L*, & inter eundum ita revolvi ut arcus *AB*, *PB* sibi invicem semper æquentur, atque punctum illud *P* in perimetro Rotæ datum interea describere Viam curvilineam *AP*. Sit autem *AP* Via tota curvilinea descripta ex quo Rota Globum tetigit in *A*, & erit Viæ hujus longitudo *AP* ad duplum

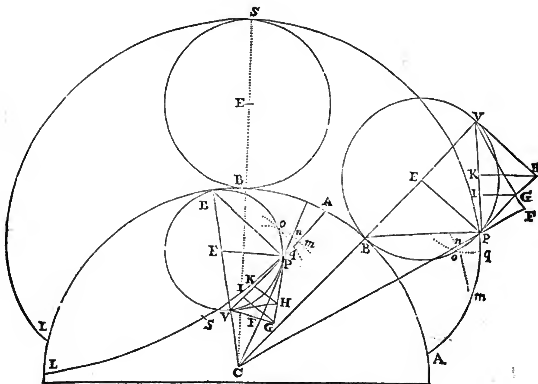


sinum versum arcus $\frac{1}{2}$ *PB*, ut 2 *CE* ad *CB*. Nam recta *CE* (si opus est producta) occurrat Rotæ in *V*, junganturque *CP*, *BP*, *EP*, *VP*, & in *CP* productam demittatur normalis *VF*. Tangant *PH*, *VH* Circulum in *P* & *V* concurrentes in *H*, secetque *PH* ipsam *VF* in *G*, & ad *VP* demittantur normales *GI*, *HK*.

Centro

De Motu Corporum Centro item *C* & intervallo quovis defcribatur circulus *nom* fecans rectam *CP* in *n*, Rotæ perimetrum *Bp* in *o*, & Viam curvilineam *AP* in *m*; centroque *V* & intervallo *Vo* defcribatur circulus fecans *VP* productam in *q*.

Quoniam Rota eundo femper revolvitur circa punctum contactus *B*, manifeftum eft quod recta *BP* perpendicularis eft ad



lineam illam curvam *AP* quam Rotæ punctum *P* defcribit, atque adeo quod recta *VP* tanget hanc curvam in puncto *P*. Circuli *nom* radius fenfim auctus vel diminutus æquetur tandem diftantiæ *CP*; &, ob fimilitudinem Figuræ evanefcentis *Pnomq* & Figuræ *PFGVI*, ratio ultima lineolarum evanefcentium *Pm*, *Pn*, *Po*, *Pq*, id

id est, ratio mutationum momentanearum curvæ *AP*, rectæ *CP*, arcus circularis *BP*, ac rectæ *VP*, eadem erit quæ linearum *PV*, *PF*, *PG*, *PI* respectivè. Cum autem *VF* ad *CF* & *VH* ad *CV* perpendiculares sunt, angulique *HVG*, *VCF* propterea æquales; & angulus *VHG* (ob angulos quadrilateri *HVEP* ad *V* & *P* rectos) angulo *CEP* æqualis est, similia erunt triangula *VHG*, *CEP*; & inde fiet ut *EP* ad *CE* ita *HG* ad *HV* seu *HP* & ita *KI* ad *KP*, & composite vel divisim ut *CB* ad *CE* ita *PI* ad *PK*, & duplicatis consequentibus ut *CB* ad 2 *CE* ita *PI* ad *PV*, atque ita adeo *Pq* ad *Pm*. Est igitur decrementum lineæ *VP*, id est, incrementum lineæ *BV*−*VP* ad incrementum lineæ curvæ *AP* in data ratione *CB* ad 2 *CE*, & propterea (per Corol. Lem. IV.) longitudines *BV*−*VP* & *AP*, incrementis illis genitæ, sunt in eadem ratione. Sed, existente *BV* radio, est *VP* co-sinus anguli *BVP* seu $\frac{1}{2}$ *BEP*, adeoque *BV*−*VP* sinus versus ejusdem anguli; & propterea in hac Rota, cujus radius est $\frac{1}{2}$ *BV*, erit *BV*−*VP* duplus sinus versus arcus $\frac{1}{2}$ *BP*. Ergo *AP* est ad duplum sinum versum arcus $\frac{1}{2}$ *BP* ut 2*CE* ad *CB*. *Q. E. D.*

Lineam autem *AP* in Propositione priore Cycloidem extra Globum, alteram in posteriore Cycloidem intra Globum distinctionis gratia nominabimus.

Corol. 1. Hinc si describatur Cyclois integra *ASL* & bisecetur ea in *S*, erit longitudo partis *PS* ad longitudinem *VP* (quæ duplus est sinus anguli *VBP*, existente *EB* radio) ut 2*CE* ad *CB*, atque adeo in ratione data.

Corol. 2. Et longitudo semiperimetri Cycloidis *AS* æquabitur lineæ rectæ quæ est ad Rotæ diametrum *BV*, ut 2 *CE* ad *CB*.

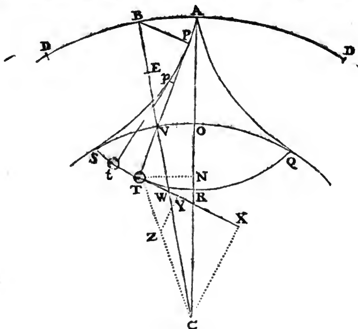
PROPOSITIO L. PROBLEMA XXXIII.

Facere ut Corpus pendulum oscilletur in Cycloide data.

Intra Globum *QVS*, centro *C* descriptum, detur Cyclois *QRS* bisecta in *R* & punctis suis extremis *Q* & *S* superficiei Globi hinc inde occurrens. Agatur *CR* bisecans arcum *QS* in *O*, & producatur ea ad *A*, ut sit *CA* ad *CO* ut *CO* ad *CR*. Centro *C* in-

 tervallo

 tervallo *CA* describatur Globus exterior *ABD*, & intra hunc Globum a Rota, cujus diameter sit *AO*, describantur duæ Semicycloides *AQ*, *AS*, quæ Globum interiorem tangant in *Q* & *S* & Globo exteriori occurrant in *A*. A puncto illo *A*, Filo *APT* longitudinem *AR* æquante, pendeat corpus *T*, & ita intra Semicycloides *AQ*, *AS* oscilletur, ut quoties pendulum digreditur a perpendiculo *AR*,



Filum parte sui superiore *AP* applicetur ad Semicycloidem illam *APS* versus quam peragitur motus, & circum eam ceu obstaculum flectatur, parteque reliqua *PT* cui Semicyclois nondum objicitur, protendatur in lineam rectam; & pondus *T* oscillabitur in Cycloide data *QRS*. *Q. E. F.*

Occurrat enim Filum *PT* tum Cycloidi *QRS* in *T*, tum circulo *QOS* in *V*, agaturque *CV*; & ad Fili partem rectam *PT*, e punctis extremis *P* ac *T*, erigantur perpendicula *PB*, *TW*, occurrentia rectæ *CV* in *B* & *W*. Patet, ex constructione & genesi similium Figurarum *AS*, *SR*, perpendicula illa *PB*, *TW* abscindere de *CV* longitudines *VB*, *VW* Rotarum diametris *OA*, *OR* æquales. Est igitur *TP* ad *VP* (duplum sinum anguli *VBP* existente $\frac{1}{2}$ *BV* radio)

dio) ut BW ad BV, seu $AO+OR$ ad AO, id est (cum sint CA ad CO, CO ad CR & divisim AO ad OR proportionales,) ut $CA+CO$ ad CA vel, si bisecetur BV in E, ut $2CE$ ad CB. Proinde, per Corol. 1. Prop. XLIX, longitudo partis rectæ Fili PT æquatur semper Cycloidis arcui PS, & Filum totum APT æquatur semper Cycloidis arcui dimidio APS, hoc est (per Corol. 2. Prop. XLIX) longitudini AR. Et propterea vicissim si Filum manet semper æquale longitudini AR movebitur punctum T in Cycloide data QRS. *Q. E. D.*

Corol. Filum AR æquatur Semicycloidi AS, adeoque ad semidiametrum AC eandem habet rationem quam similis illi Semicyclois SR habet ad semidiametrum CO.

PROPOSITIO LI. THEOREMA XVIII.

Si Vis centripeta tendens undique ad Globi centrum C *sit in locis singulis ut distantia loci cujusque a centro, & hac sola Vi agente corpus* T *oscilletur (modo jam descripto) in perimetro Cycloidis* QRS: *dico quod oscillationum utcunque inæqualium æqualia erunt Tempora.*

Nam in Cycloidis tangentem TW infinite productam cadat perpendiculum CX & jungatur CT. Quoniam vis centripeta qua corpus T impellitur versus C est ut distantia CT, atque hæc (per Legum Corol. 2.) resolvitur in partes CX, TX, quarum CX impellendo corpus directe a P distendit filum PT & per ejus resistentiam tota cessat, nullum alium edens effectum; pars autem altera TX, urgendo corpus transversim seu versus X, directe accelerat motum ejus in Cycloide; manifestum est quod corporis acceleratio, huic vi acceleratrici proportionalis, sit singulis momentis ut longitudo TX, id est, (ob datas CV, WV iisque proportionales TX, TW,) ut longitudo TW, hoc est (per Corol. 1. Prop. XLIX,) ut longitudo arcus Cycloidis TR. Pendulis igitur duobus APT, Apt de perpendiculo AR inæqualiter deductis & simul dimissis, accelerationes eorum semper erunt ut arcus describendi TR, tR. Sunt autem partes sub initio descriptæ ut accelerationes, hoc est, ut totæ sub initio describendæ, & propterea partes quæ manent describen-

dæ & accelerationes subsequentes, his partibus proportionales, sunt etiam ut totæ; & sic deinceps. Sunt igitur accelerationes atque adeo velocitates genitæ & partes his velocitatibus descriptæ partesque describendæ, semper ut totæ; & propterea partes describendæ datam servantes rationem ad invicem simul evanescent, id est, corpora duo oscillantia simul pervenient ad perpendiculum *AR*. Cumque vicissim ascensus perpendiculorum de loco infimo *R*, per eosdem arcus Cycloidales motu retrogrado facti, retardentur in locis singulis a viribus iisdem a quibus descensus accelerabantur, patet velocitates ascensuum ac descensuum per eosdem arcus factorum æquales esse, atque adeo temporibus æqualibus fieri; & propterea, cum Cycloidis partes duæ *RS* & *RQ* ad utrumque perpendiculi latus jacentes sint similes & æquales, pendula duo oscillationes suas tam totas quam dimidias iisdem temporibus semper peragent. *Q. E. D.*

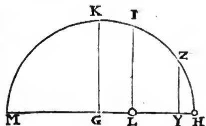
Corol. Vis qua corpus *T* in loco quovis *T* acceleratur vel retartur in Cycloide, est ad totum corporis ejusdem Pondus in loco altissimo *S* vel *Q*, ut Cycloidis arcus *TR* ad ejusdem arcum *SR* vel *QR*.

PROPOSITIO LII. PROBLEMA XXXIV.

Definire & Velocitates Pendulorum in locis singulis, & Tempora quibus tum oscillationes totæ, tum singulæ oscillationum partes peraguntur.

Centro quovis *G*, intervallo *GH* Cycloidis arcum *RS* æquante, describe semicirculum *HKMG* semidiametro *GK* bisectum. Et si vis centripeta, distantiis locorum a centro proportionalis, tendat ad centrum *G*, sitque ea in perimetro *HIK* æqualis vi centripetæ in perimetro Globi *QOS* (*Vide Fig. Prop.* L.) ad ipsius centrum tendenti; & eodem tempore quo pendulum *T* dimittitur e loco supremo *S*, cadat corpus aliquod *L* ab *H* ad *G*: quoniam vires quibus corpora urgentur sunt æquales sub initio & spatiis describendis *TR*, *LG* semper proportionales, atque adeo, si æquantur *TR* & *LG*, æquales in locis *T* & *L*; patet corpora illa describere spatia *ST*, *HL* æqualia sub initio, adeoque subinde pergere æqualiter urgeri, & æqualia spatia describere. Quare, per Prop. XXXVIII, tempus quo corpus describit arcum *ST* est ad tempus oscil-

oscillationis unius, ut arcus HI (tempus quo corpus H perveniet ad L) ad semiperipheriam HKM (tempus quo corpus H perveniet ad M.) Et velocitas corporis penduli in loco T est ad velocitatem ipsius in loco infimo R, (hoc est, velocitas corporis H in loco L ad velocitatem ejus in loco G, seu incrementum momentaneum lineæ HL ad incrementum momentaneum lineæ HG, arcubus HI, HK æquabili fluxu crescentibus) ut ordinatim applicata LI ad radium GK, sive ut $\sqrt{SRq. - TRq.}$ ad SR. Unde cum, in oscillationibus inæqualibus, describantur æqualibus temporibus arcus totis oscillationum arcubus proportionales; habentur, ex datis temporibus, & velocitates & arcus descripti in oscillationibus universis. Quæ erant primo invenienda.



Oscillentur jam Funipendula corpora in Cycloidibus diversis intra Globos diversos, quorum diversæ sunt etiam Vires absolutæ, descriptis: &, si Vis absoluta Globi cujusvis QOS dicatur V, Vis acceleratrix qua Pendulū urgetur in circumferentia hujus Globi, ubi incipit directe versus centrum ejus moveri, erit ut distantia Corporis penduli a centro illo & Vis absoluta Globi conjunctim, hoc est, ut $CO \times V$. Itaque lineola HY, quæ sit ut hæc Vis acceleratrix $CO \times V$, describetur dato tempore; &, si erigatur normalis YZ circumferentiæ occurrens in Z, arcus nascens HZ denotabit datum illud tempus. Est autem arcus hic nascens HZ in subduplicata ratione rectanguli GHY, adeoque ut $\sqrt{GH \times CO \times V}$. Unde Tempus oscillationis integræ in Cycloide QRS (cum sit ut semiperipheria HKM, quæ oscillationem illam integram denotat, directe, utque arcus HZ, qui datum tempus similiter denotat, inverse) fiet ut GH directe & $\sqrt{GH \times CO \times V}$ inverse, hoc est, ob æquales GH & SR, ut $\sqrt{\frac{SR}{CO \times V}}$, sive (per Corol. Prop. L) ut $\sqrt{\frac{AR}{AC \times V}}$. Itaque Oscillationes in Globis & Cycloidibus omnibus, quibuscunque cum Viribus absolutis factæ, sunt in ratione quæ componitur ex subduplicata ratione longitudinis Fili directe, & subduplicata ratione distantiæ inter punctum suspensionis & centrum Globi

Globi inverſe, & ſubduplicata ratione Vis abſolutæ Globi etiam inverſe. *Q. E. I.*

Corol. 1. Hinc etiam Oſcillantium, Cadentium & Revolventium corporum tempora poſſunt inter ſe conferri. Nam ſi Rotæ, qua Cyclois intra globum deſcribitur, diameter conſtituatur æqualis ſemidiametro globi, Cyclois evadet Linea recta per centrum globi tranſiens, & Oſcillatio jam erit deſcenſus & ſubſequens aſcenſus in hac recta. Unde datur tum tempus deſcenſus de loco quovis ad centrum, tum tempus huic æquale quo corpus uniformiter circa centrum globi ad diſtantiam quamvis revolvendo arcum quadrantalem deſcribit. Eſt enim hoc tempus (per Caſum ſecundum) ad tempus ſemioſcillationis in Cycloide quavis *QRS* ut 1 ad $\sqrt{\frac{AR}{AC}}$.

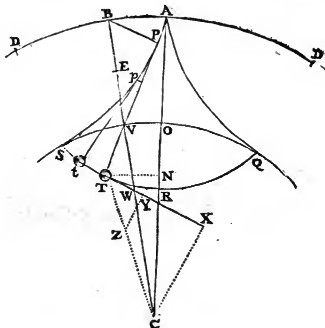
Corol. 2. Hinc etiam conſectantur quæ *Wrennus* & *Hugenius* de Cycloide vulgari adinvenerunt. Nam ſi Globi diameter augeatur in infinitum: mutabitur ejus ſuperficies ſphærica in planum, Viſque centripeta aget uniformiter ſecundum lineas huic plano perpendiculares, & Cyclois noſtra abibit in Cycloidem vulgi. Iſto autem in caſu longitudo arcus Cycloidis, inter planum illud & punctum deſcribens, æqualis evadet quadruplicato ſinui verſo dimidii arcus Rotæ inter idem planum & punctum deſcribens; ut invenit *Wrennus:* Et Pendulum inter duas ejuſmodi Cycloides in ſimili & æquali Cycloide temporibus æqualibus Oſcillabitur, ut demonſtravit *Hugenius*. Sed & Deſcenſus gravium, tempore Oſcillationis unius, is erit quem *Hugenius* indicavit.

Aptantur autem Propoſitiones a nobis demonſtratæ ad veram conſtitutionem Terræ, quatenus Rotæ eundo in ejus circulis maximis deſcribunt motu Clavorum, perimetris ſuis infixorum, Cycloides extra globum; & Pendula inferius in fodinis & cavernis Terræ ſuſpenſa, in Cycloidibus intra globos Oſcillari debent, ut Oſcillationes omnes evadant Iſochronæ. Nam Gravitas (ut in Libro tertio docebitur) decreſcit in progreſſu a ſuperficie Terræ, ſurſum quidem in duplicata ratione diſtantiarum a centro ejus, deorſum vero in ratione ſimplici.

PROPOSITIO LIII. PROBLEMA XXXV.

Concessis Figurarum curvilinearum quadraturis, invenire Vires quibus corpora in datis curvis lineis Oscillationes semper Isochronas peragent.

Oscilletur corpus *T* in curva quavis linea *STRQ*, cujus axis sit *OR* transiens per virium centrum *C*. Agatur *TX* quæ curvam illam in corporis loco quovis *T* contingat, inque hac tangente *TX*



capiatur *TY* æqualis arcui *TR*. Nam longitudo arcus illius ex Figurarum quadraturis (per Methodos vulgares) innotescit. De puncto *Y* educatur recta *YZ* tangenti perpendicularis. Agatur *CT* perpendiculari illi occurrens in *Z*, & erit Vis centripeta proportionalis rectæ *TZ*. *Q. E. I.*

Nam

Nam si vis, qua corpus trahitur de *T* versus *C*, exponatur per rectam *TZ* captam ipsi proportionalem, resolvetur hæc in vires *TY*, *YZ*; quarum *YZ* trahendo corpus secundum longitudinem Fili *PT*, motum ejus nil mutat, vis autem altera *TY* motum ejus in curva *STRQ* directe accelerat vel directe retardat. Proinde cum hæc sit ut via describenda *TR*, accelerationes corporis vel retardationes in Oscillationum duarum (majoris & minoris) partibus proportionalibus describendis, erunt semper ut partes illæ, & propterea facient ut partes illæ simul describantur. Corpora autem quæ partes totis semper proportionales simul describunt, simul describent totas. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc si corpus *T* Filo rectilineo *AT* a centro *A* pendens, describat arcum circularem *STRQ*, & interea urgeatur secundum lineas parallelas deorsum a vi aliqua, quæ sit ad vim uniformem Gravitatis, ut arcus *TR* ad ejus sinum *TN*: æqualia erunt Oscillationum singularum tempora. Etenim ob parallelas *TZ*, *AR*, similia erunt triangula *ATN*, *ZTY*; & propterea *TZ* erit ad *AT* ut *TY* ad *TN*; hoc est, (si Gravitatis vis uniformis exponatur per longitudinem datam *AT*) vis *TZ*, qua Oscillationes evadent Isochronæ, erit ad vim Gravitatis *AT*, ut arcus *TR* ipsi *TY* æqualis ad arcus illius sinum *TN*.

Corol. 2. Igitur in Horologiis, si vires a Machina in Pendulum ad motum conservandum impressæ ita cum vi Gravitatis componi possint, ut vis tota deorsum semper sit ut linea quæ oritur applicando rectangulum sub arcu *TR* & radio *AR* ad sinum *TN*, Oscillationes omnes erunt Isochronæ.

PROPOSITIO LIV. PROBLEMA XXXVI.

Concessis Figurarum curvilinearum quadraturis, invenire Tempora quibus corpora Vi qualibet centripeta in lineis quibuscunque curvis, in plano per centrum Virium transeunte descriptis, descendent & ascendent.

Descendat corpus de loco quovis *S* per lineam quamvis curvam *STtR*, in plano per virium centrum *C* transeunte datam. Jungatur *CS* & dividatur eadem in partes innumeras æquales, sitque *Dd* partium

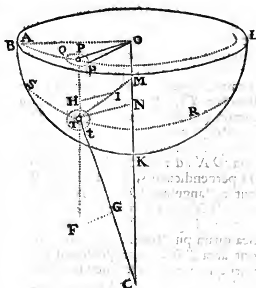
partium illarum aliqua. Centro C, intervallis CD, Cd describantur circuli DT, dt, lineæ curvæ $STtR$ occurrentes in T & t. Et ex data tum lege vis centripetæ, tum altitudine CS de qua corpus cecidit; dabitur velocitas corporis in alia quavis altitudine CT, per Prop. XXXIX. Tempus autem, quo corpus describit lineolam Tt, est ut lineolæ hujus longitudo (id est ut secans anguli tTC) directe, & velocitas inverse. Tempori huic proportionalis sit ordinatim applicata DN ad rectam CS per punctum D perpendicularis, & ob datam Dd erit rectangulum $Dd \times DN$, hoc est area $DNnd$, eidem tempori proportionale. Ergo si SNn sit curva illa linea quam punctum N perpetuo tangit, erit area $SNDS$ proportionalis tempori quo corpus descendendo descripsit lineam ST; proindeque ex inventa illa area dabitur Tempus. *Q. E. I.*

PROPOSITIO LV. THEOREMA XIX.

Si corpus movetur in superficie quacunque curva, cujus axis per centrum Virium transit, & a corpore in axem demittatur perpendicularis, eique parallela & æqualis ab axis puncto quovis dato ducatur: dico quod parallela illa aream tempori proportionalem describet.

Sit $BSKL$ superficies curva, T corpus in ea revolvens, $STtR$ Trajectoria quam corpus in eadem describit, S initium Trajectoriæ, $OMNK$ axis superficiei curvæ, TN recta a corpore in axem perpendicularis, OP huic parallela & æqualis a puncto O quod in axe datur educta, AP vestigium Trajectoriæ a puncto P in lineæ volubilis OP plano AOP descriptum, A vestigii initium puncto S respondens, TC recta a corpore ad centrum ducta; TG pars ejus vi centripetæ qua corpus urgetur in centrum C proportionalis; TM recta ad superficiem curvam perpendicularis, TI pars ejus vi pressionis, qua corpus urget superficiem vicissimque urgetur versus M

a superficie, proportionalis; *PHTF* recta axi parallela per corpus transiens, & *GF*, *IH* rectæ a punctis *G* & *I* in parallelam illam *PHTF* perpendiculariter demissæ. Dico jam quod area *AOP*, radio *OP* ab initio motus descripta, sit tempori proportionalis. Nam vis *TG* (per Legum Corol. 2.) resolvitur in vires *TF*, *FG*; & vis *TI* in vires *TH*, *HI*: Vires autem *TF*, *TH* agendo secundum lineam *PF* plano *AOP* perpendicularem mutant solummodo motum corporis quatenus huic plano perpendicularem. Ideoque motus ejus quatenus secundum positionem plani factus, hoc est, motus puncti *P* quo Trajectoriæ vestigium *AP* in hoc plano describitur, idem est ac si vires *TF*, *TH* tollerentur, & corpus solis viribus *FG*, *HI* agitaretur; hoc est, idem ac si corpus in plano *AOP*, vi centripeta ad centrum *O* tendente & summam virium *FG* & *HI* æquante, describeret curvam *AP*. Sed vi tali describitur area *AOP* (per Prop. 1.) tempori proportionalis. *Q.E.D.*



Corol. Eodem argumento si corpus a viribus agitatum ad centra duo vel plura in eadem quavis recta *CO* data tendentibus, describeret in spatio libero lineam quamcunque curvam *ST*; foret area *AOP* tempori semper proportionalis.

PROPOSITIO LVI. PROBLEMA XXXVII.

Concessis Figurarum curvilinearum quadraturis, datisque tum lege Vis centripetæ ad centrum datum tendentis, tum superficie curva cujus axis per centrum illud transit; invenienda est Trajectoria quam corpus in eadem superficie describet, de loco dato, data cum Velocitate, versus plagam in superficie illa datam egressum.

Stanti-

Stantibus quæ in superiore Propositione constructa sunt, exeat corpus de loco *S* in Trajectoriam inveniendam *STtR*; &, ex data ejus velocitate in altitudine *SC*, dabitur ejus velocitas in alia quavis altitudine *TC*. Ea cum velocitate, dato tempore quam minimo, describat corpus Trajectoriæ suæ particulam *Tt*, sitque *Pp* vestigium ejus in plano *AOP* descriptum. Jungatur *Op*, & Circelli centro *T* intervallo *Tt* in superficie curva descripti sit *PpQ* vestigium Ellipticum in eodem plano *OAPp* descriptum. Et ob datum magnitudine & positione Circellum, dabitur Ellipsis illa *PpQ*. Cumque area *POp* sit tempori proportionalis, atque adeo ex dato tempore detur, dabitur *Op* positione, & inde dabitur communis ejus & Ellipseos intersectio *p*, una cum angulo *OPp*, in quo Trajectoriæ vestigium *APp* secat lineam *OP*. Inde autem invenietur Trajectoriæ vestigium illud *APp*, eadem methodo qua curva linea *VIKk*, in Propositione XLI, ex similibus datis inventa fuit. Tum ex singulis vestigii punctis *P* erigendo ad planum *AOP* perpendicula *PT* superficiei curvæ occurrentia in *T*, dabuntur singula Trajectoriæ puncta *T*. *Q. E. I.*

SECTIO XI.

De Motu Corporum Viribus centripetis se mutuo petentium.

Hactenus exposui Motus corporum attractorum ad centrum Immobile, quale tamen vix extat in rerum natura. Attractiones enim fieri solent ad corpora; & corporum trahentium & attractorum actiones semper mutuæ sunt & æquales, per Legem tertiam: adeo ut neque attrahens possit quiescere neque attractum, si duo sint corpora, sed ambo (per Legum Corollarium quartum) quasi attractione mutua, circum gravitatis centrum commune revolvantur: & si plura sint corpora (quæ vel ab unico attrahantur vel omnia se mutuo attrahant) hæc ita inter se moveri debeant, ut gravitatis centrum commune vel quiescat vel uniformiter moveatur in directum. Qua de causa jam pergo Motum exponere corporum se mutuo trahentium, considerando Vires centripetas tanquam Attractiones, quamvis fortasse, si physice loquamur, verius dicantur Impulsus. In Mathematicis enim jam versamur, & propterea missis disputationibus Physicis, familiari utimur sermone, quo possimus a Lectoribus Mathematicis facilius intelligi.

PROPOSITIO LVII. THEOREMA XX.

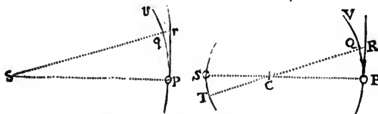
Corpora duo se invicem trahentia describunt, & circum commune centrum gravitatis, & circum se mutuo, Figuras similes.

Sunt enim distantiæ a communi gravitatis centro reciproce proportionales corporibus, atque adeo in data ratione ad invicem, & componendo, in data ratione ad distantiam totam inter corpora. Feruntur autem hæ distantiæ circum terminos suos communi motu angulari, propterea quod in directum semper jacentes non mutant inclinationem ad se mutuo. Lineæ autem rectæ, quæ sunt in data ratione ad invicem, & æquali motu angulari circum terminos suos feruntur, Figuras circum eosdem terminos (in planis quæ una cum his terminis vel quiescunt vel motu quovis non angulari moventur) describunt omnino similes. Proinde similes sunt Figuræ quæ his distantiis circumactis describuntur. *Q. E. D.*

PROPOSITIO LVIII. THEOREMA XXI.

Si corpora duo Viribus quibusvis se mutuo trahunt, & interea revolvuntur circa gravitatis centrum commune: dico quod Figuris, quas corpora sic mota describunt circum se mutuo, potest Figura similis & æqualis, circum corpus alterutrum immotum, Viribus iisdem describi.

Revolvantur corpora *S*, *P* circa commune gravitatis centrum *C*, pergendo de *S* ad *T* deque *P* ad *Q*. A dato puncto *s* ipsis



SP, *TQ* æquales & parallelæ ducantur semper *sp*, *sq*; & Curva *pqv* quam punctum *p*, revolvendo circum punctum immotum *s*, describit,

describit, erit similis & æqualis Curvis quas corpora *S*, *P* describunt circum se mutuo: proindeque (per Theor. xx) similis Curvis *ST* & *PQV*, quas eadem corpora describunt circum commune gravitatis centrum *C*: id adeo quia proportiones linearum *SC*, *CP* & *SP* vel *sp* ad invicem dantur.

Cas. 1. Commune illud gravitatis centrum *C*, per Legum Corollarium quartum, vel quiescit vel movetur uniformiter in directum. Ponamus primo quod id quiescit, inque *s* & *p* locentur corpora duo, immobile in *s*, mobile in *p*, corporibus *S* & *P* similia & æqualia. Dein tangant rectæ *PR* & *pr* Curvas *PQ* & *pq* in *P* & *p*, & producantur *CQ* & *sq* ad *R* & *r*. Et, ob similitudinem Figurarum *CPRQ*, *sprq*, erit *RQ* ad *rq* ut *CP* ad *sp*, adeoque in data ratione. Proinde si vis qua corpus *P* versus corpus *S*, atque adeo versus centrum intermedium *C* attrahitur, esset ad vim qua corpus *p* versus centrum *s* attrahitur in eadem illa ratione data; hæ vires æqualibus temporibus attraherent semper corpora de tangentibus *PR*, *pr* ad arcus *PQ*, *pq*, per intervalla ipsis proportionalia *RQ*, *rq*; adeoque vis posterior efficeret ut corpus *p* gyraretur in Curva *pqv*, quæ similis esset Curvæ *PQV*, in qua vis prior efficit ut corpus *P* gyretur, & revolutiones iisdem temporibus complerentur. At quoniam vires illæ non sunt ad invicem in ratione *CP* ad *sp*, sed (ob similitudinem & æqualitatem corporum *S* & *s*, *P* & *p*, & æqualitatem distantiarum *SP*, *sp*) sibi mutuo æquales; corpora æqualibus temporibus æqualiter trahentur de tangentibus: & propterea, ut corpus posterius *p* trahatur per intervallum majus *rq*, requiritur tempus majus, idque in subduplicata ratione intervallorum; propterea quod (per Lemma decimum) spatia, ipso motus initio descripta, sunt in duplicata ratione temporum. Ponatur igitur velocitas corporis *p* esse ad velocitatem corporis *P* in subduplicata ratione distantiæ *sp* ad distantiam *CP*, eo ut temporibus quæ sint in eadem subduplicata ratione describantur arcus *pq*, *PQ*, qui sunt in ratione integra: Et corpora *P*, *p* viribus æqualibus semper attracta describent circum centra quiescentia *C* & *s* Figuras similes *PQV*, *pqv*, quarum posterior *pqv* similis est & æqualis Figuræ quam corpus *P* circum corpus mobile *S* describit. *Q. E. D.*

Cas. 2. Ponamus jam quod commune gravitatis centrum, una cum spatio in quo corpora moventur inter se, progreditur uniformiter in directum; &, per Legum Corollarium sextum, motus omnes in hoc spatio peragentur ut prius, adeoque corpora describent

 bent circum ſe mutuo Figuras eaſdem ac prius, & propterea Figuræ *pqv* ſimiles & æquales. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc corpora duo Viribus diſtantiæ ſuæ proportionalibus ſe mutuo trahentia, deſcribunt (per Prop. x,) & circum commune gravitatis centrum, & circum ſe mutuo, Ellipſes concentricas: & vice verſa, ſi tales Figuræ deſcribuntur, ſunt Vires diſtantiæ proportionales.

Corol. 2. Et corpora duo Viribus quadrato diſtantiæ ſuæ reciproce proportionalibus deſcribunt (per Prop. xi, xii, xiii) & circum commune gravitatis centrum, & circum ſe mutuo, Sectiones conicas umbilicum habentes in centro circum quod Figuræ deſcribuntur. Et vice verſa, ſi tales Figuræ deſcribuntur, Vires centripetæ ſunt quadrato diſtantiæ reciproce proportionales.

Corol. 3. Corpora duo quævis circum gravitatis centrum commune gyrantia, radiis & ad centrum illud & ad ſe mutuo ductis, deſcribunt areas temporibus proportionales.

PROPOSITIO LIX. THEOREMA XXII.

Corporum duorum S *&* P *circa commune gravitatis centrum* C *revolventium Tempus periodicum eſſe ad Tempus periodicum corporis alterutrius* P, *circa alterum immotum* S *gyrantis & Figuris quæ corpora circum ſe mutuo deſcribunt Figuram ſimilem & æqualem deſcribentis, in ſubduplicata ratione corporis alterius* S, *ad ſummam corporum* S + P.

Namque, ex demonſtratione ſuperioris Propoſitionis, tempora quibus arcus quivis ſimiles *PQ* & *pq* deſcribuntur, ſunt in ſubduplicata ratione diſtantiarum *CP* & *SP* vel *sp*, hoc eſt, in ſubduplicata ratione corporis *S* ad ſummam corporum *S* + *P*. Et componendo, ſummæ temporum quibus arcus omnes ſimiles *PQ* & *pq* deſcribuntur, hoc eſt, tempora tota quibus Figuræ totæ ſimiles deſcribuntur, ſunt in eadem ſubduplicata ratione. *Q. E. D.*

PRO-

PROPOSITIO LX. THEOREMA XXIII.

Si corpora duo S *&* P, *Viribus quadrato distantiæ suæ reciproce proportionalibus se mutuo trahentia, revolvuntur circa gravitatis centrum commune: dico quod Ellipseos, quam corpus alterutrum* P *hoc motu circa alterum* S *describit, Axis principalis erit ad Axem principalem Ellipseos, quam corpus idem* P *circa alterum quiescens* S *eodem tempore periodico describere posset, ut summa corporum duorum* S + P *ad primam duarum medie proportionalium inter hanc summam & corpus illud alterum* S.

Nam si descriptæ Ellipses essent sibi invicem æquales, tempora periodica (per Theorema superius) forent in subduplicata ratione corporis S ad summam corporum $S+P$. Minuatur in hac ratione tempus periodicum in Ellipsi posteriore, & tempora periodica evadent æqualia; Ellipseos autem axis principalis (per Prop. xv.) minuetur in ratione cujus hæc est sesquiplicata, id est in ratione, cujus ratio S ad $S+P$ est triplicata; adeoque erit ad axem principalem Ellipseos alterius, ut prima duarum medie proportionalium inter $S+P$ & S ad $S+P$. Et inverse, axis principalis Ellipseos circa corpus mobile descriptæ erit ad axem principalem descriptæ circa immobile, ut $S+P$ ad primam duarum medie proportionalium inter $S+P$ & S. *Q. E. D.*

PROPOSITIO LXI. THEOREMA XXIV.

Si corpora duo Viribus quibusvis se mutuo trahentia, neque alias agitata vel impedita, quomodocunque moveantur; motus eorum perinde se habebunt ac si non traherent se mutuo, sed utrumque a corpore tertio in communi gravitatis centro constituto Viribus iisdem traheretur: Et Virium trahentium eadem erit Lex respectu distantiæ corporum a centro illo communi atque respectu distantiæ totius inter corpora.

Nam vires illæ, quibus corpora se mutuo trahunt, tendendo ad corpora, tendunt ad commune gravitatis centrum intermedium,

dium, adeoque eædem sunt ac si a corpore intermedio manarent. *Q. E. D.*

Et quoniam data est ratio distantiæ corporis utriusvis a centro illo communi ad distantiam corporis ejusdem a corpore altero, dabitur ratio cujusvis potestatis distantiæ unius ad eandem potestatem distantiæ alterius; ut & ratio quantitatis cujusvis, quæ ex una distantia & quantitatibus datis utcunque derivatur, ad quantitatem aliam, quæ ex altera distantia & quantitatibus totidem datis datamque illam distantiarum rationem ad priores habentibus similiter derivatur. Proinde si vis, qua corpus unum ab altero trahitur, sit directe vel inverse ut distantia corporum ab invicem; vel ut quælibet hujus distantiæ potestas; vel denique ut quantitas quævis ex hac distantia & quantitatibus datis quomodocunque derivata: erit eadem vis, qua corpus idem ad commune gravitatis centrum trahitur, directe itidem vel inverse ut corporis attracti distantia a centro illo communi, vel ut eadem distantiæ hujus potestas, vel denique ut quantitas ex hac distantia & analogis quantitatibus datis similiter derivata. Hoc est, Vis trahentis eadem erit Lex respectu distantiæ utriusque. *Q. E. D.*

PROPOSITIO LXII. PROBLEMA XXXVIII.

Corporum duorum quæ Viribus quadrato distantiæ suæ reciproce proportionalibus se mutuo trahunt, ac de locis datis demittuntur, determinare Motus.

Corpora (per Theorema novissimum) perinde movebuntur ac si a corpore tertio, in communi gravitatis centro constituto, traherentur; & centrum illud ipso motus initio quiescet per Hypothesin; & propterea (per Legum Corol. 4.) semper quiescet. Determinandi sunt igitur motus corporum (per Prob. xxv,) perinde ac si a viribus ad centrum illud tendentibus urgerentur, & habebuntur motus corporum se mutuo trahentium. *Q. E. I.*

PROPOSITIO LXIII. PROBLEMA XXXIX.

Corporum duorum quæ Viribus quadrato distantiæ suæ reciproce proportionalibus se mutuo trahunt, deque locis datis, secundum datas rectas, datis cum Velocitatibus exeunt, determinare Motus.

Ex

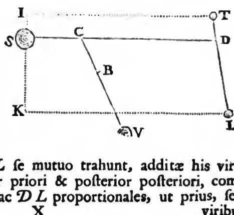
Ex datis corporum motibus ſub initio, datur uniformis motus centri communis gravitatis, ut & motus ſpatii quod una cum hoc centro movetur uniformiter in directum, nec non corporum motus initiales reſpectu hujus ſpatii. Motus autem ſubſequentes (per Legum Corollarium quintum, & Theorema noviſſimum) perinde fiunt in hoc ſpatio, ac ſi ſpatium ipſum una cum communi illo gravitatis centro quieſceret, & corpora non traherent ſe mutuo, ſed a corpore tertio ſito in centro illo traherentur. Corporis igitur alterutrius in hoc ſpatio mobili, de loco dato, ſecundum datam rectam, data cum velocitate exeuntis, & vi centripeta ad centrum illud tendente correpti, determinandus eſt motus per Problema nonum & viceſimum ſextum: & habebitur ſimul motus corporis alterius e regione. Cum hoc motu componendus eſt uniformis ille Syſtematis ſpatii & corporum in eo gyrantium motus progreſſivus ſupra inventus, & habebitur motus abſolutus corporum in ſpatio immobili. *Q. E. I.*

PROPOSITIO LXIV. PROBLEMA XL.

Viribus quibus Corpora ſe mutuo trahunt creſcentibus in ſimplici ratione diſtantiarum a centris: requiruntur Motus plurium Corporum inter ſe.

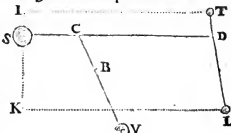
Ponantur primo corpora duo *T* & *L* commune habentia gravitatis centrum *D*. Deſcribent hæc (per Corollarium primum Theorematis XXI) Ellipſes centra habentes in *D*, quarum magnitudo ex Problemate V, innoteſcit.

Trahat jam corpus tertium *S* priora duo *T* & *L* viribus acceleratricibus *ST*, *SL*, & ab ipſis viciſſim trahatur. Vis *ST* (per Legum Cor. 2.) reſolvitur in vires *SD*, *DT*; & vis *SL* in vires *SD*, *DL*. Vires autem *DT*, *DL*, quæ ſunt ut ipſarum ſumma *TL*, atque adeo ut vires acceleratrices quibus corpora *T* & *L* ſe mutuo trahunt, additæ his viribus corporum *T* & *L*, prior priori & poſterior poſteriori, componunt vires diſtantiis *DT* ac *DL* proportionales, ut prius, ſed



X viribus

viribus prioribus majores; adeoque (per Corol. 1. Prop. x. & Corol. 1 & 8. Prop. iv) efficiunt ut corpora illa describant Ellipses ut prius, sed motu celeriore. Vires reliquæ acceleratrices SD & SD, actionibus motricibus $SD \times T$ & $SD \times L$, quæ sunt ut corpora, trahendo corpora illa æqualiter & secundum lineas TI, LK, ipsi DS parallelas, nil mutant situs eorum ad invicem, sed faciunt ut ipsa æqualiter accedant ad lineam IK; quam ductam concipe per medium corporis S, & lineæ DS perpendicularem. Impedietur autem iste ad lineam IK accessus faciendo ut Systema corporum T & L ex una parte, & corpus S ex altera, justis cum velocitatibus, gyrentur circa commune gravitatis centrum C. Tali motu corpus S (eo quod summa virium motricium $SD \times T$ & $SD \times L$, distantiæ CS proportionalium, tendit versus centrum C) describit Ellipsin circa idem C; & punctum D, ob proportionales CS, CD, describet Ellipsin consimilem e regione. Corpora autem T & L viribus motricibus $SD \times T$ & $SD \times L$, (prius priore, posterius posteriore) æqualiter & secundum lineas parallelas TI & LK (ut dictum est) attracta, pergent (per Legum Corollarium quintum & sextum) circa centrum mobile D Ellipses suas describere, ut prius. *Q. E. I.*



Addatur jam corpus quartum V, & simili argumento concludetur hoc & punctum C Ellipses circa omnium commune centrum gravitatis B describere; manentibus motibus priorum corporum T, L & S circa centra D & C, sed paulo acceleratis. Et eadem methodo corpora plura adjungere licebit. *Q. E. I.*

Hæc ita se habent ubi corpora T & L trahunt se mutuo viribus acceleratricibus majoribus vel minoribus quam quibus trahunt corpora reliqua pro ratione distantiarum. Sunto mutuæ omnium attractiones acceleratrices ad invicem ut distantiæ ductæ in corpora trahentia, & ex præcedentibus facile deducetur quod corpora omnia æqualibus temporibus periodicis Ellipses varias, circa omnium commune gravitatis centrum B, in plano immobili describunt. *Q. E. I.*

PRO-

PROPOSITIO LXV. THEOREMA XXV.

Corpora plura, quorum Vires decrescunt in duplicata ratione distantiarum ab eorundem centris, moveri posse inter se in Ellipsibus; & radiis ad umbilicos ductis areas describere temporibus proportionales quam proxime.

In Propositione superiore demonstratus est casus ubi motus plures peraguntur in Ellipsibus accurate. Quo magis recedit Lex virium a Lege ibi posita, eo magis corpora perturbabunt mutuos motus; neque fieri potest ut corpora, secundum Legem hic positam se mutuo trahentia, moveantur in Ellipsibus accurate, nisi servando certam proportionem distantiarum ab invicem. In sequentibus autem casibus non multum ab Ellipsibus errabitur.

Cas. 1. Pone corpora plura minora circa maximum aliquod ad varias ab eo distantias revolvi, tendantque ad singula vires absolutæ proportionales iisdem corporibus. Et quoniam omnium commune gravitatis centrum (per Legum Corol. quartum) vel quiescit vel movetur uniformiter in directum, fingamus corpora minora tam parva esse, ut corpus maximum nunquam distet sensibiliter ab hoc centro: & maximum illud vel quiescet vel movebitur uniformiter in directum, absque errore sensibili; minora autem revolventur circa hoc maximum in Ellipsibus, atque radiis ad idem ductis describent areas temporibus proportionales; nisi quatenus errores inducuntur, vel per errorem maximi a communi illo gravitatis centro, vel per actiones minorum corporum in se mutuo. Diminui autem possunt corpora minora usque donec error iste & actiones mutuæ sint datis quibusvis minores, atque adeo donec Orbes cum Ellipsibus quadrent, & areæ respondeant temporibus, absque errore qui non sit minor quovis dato. *Q. E. O.*

Cas. 2. Fingamus jam Systema corporum minorum modo jam descripto circa maximum revolventium, aliudve quodvis duorum circum se mutuo revolventium corporum Systema progredi uniformiter in directum, & interea vi corporis alterius longe maximi & ad magnam distantiam siti urgeri ad latus. Et quoniam æquales vires acceleratrices, quibus corpora secundum lineas parallelas urgentur, non mutant situs corporum ad invicem, sed ut Systema totum, servatis partium motibus inter se, simul transferatur efficiunt: manifestum est quod, ex attractionibus in corpus maximum, nulla

nulla prorsus orietur mutatio motus attractorum inter se, nisi vel ex attractionum acceleratricum inæqualitate, vel ex inclinatione linearum ad invicem, secundum quas attractiones fiunt. Pone ergo attractiones omnes acceleratrices in corpus maximum esse inter se reciproce ut quadrata distantiarum; &, augendo corporis maximi distantiam, donec rectarum ab hoc ad reliqua ductarum differentiæ respectu earum longitudinis & inclinationes ad invicem minores sint quam datæ quævis, perseverabunt motus partium Systematis inter se absque erroribus qui non sint quibusvis datis minores. Et quoniam, ob exiguam partium illarum ab invicem distantiam, Systema totum ad modum corporis unius attrahitur; movebitur idem hac attractione ad modum corporis unius; hoc est, centro suo gravitatis describet circa corpus maximum Sectionem aliquam Conicam (*viz.* Hyperbolam vel Parabolam attractione languida, Ellipsin fortiore,) & Radio ad maximum ducto describet areas temporibus proportionales, absque ullis erroribus, nisi quas partium distantiæ (perexiguæ sane & pro lubitu minuendæ) valeant efficere. *Q. E. O.*

Simili argumento pergere licet ad casus magis compositos in infinitum.

Corol. 1. In casu secundo; quo propius accedit corpus omnium maximum ad Systema duorum vel plurium, eo magis turbabuntur motus partium Systematis inter se; propterea quod linearum a corpore maximo ad has ductarum jam major est inclinatio ad invicem, majorque proportionis inæqualitas.

Corol. 2. Maxime autem turbabuntur, ponendo quod attractiones acceleratrices partium Systematis versus corpus omnium maximum, non sint ad invicem reciproce ut quadrata distantiarum a corpore illo maximo; præsertim si proportionis hujus inæqualitas major sit quam inæqualitas proportionis distantiarum a corpore maximo: Nam si vis acceleratrix, æqualiter & secundum lineas parallelas agendo, nil perturbat motus inter se, necesse est ut ex actionis inæqualitate perturbatio oriatur, majorque sit vel minor pro majore vel minore inæqualitate. Excessus impulsuum majorum, agendo in aliqua corpora & non agendo in alia, necessario mutabunt situm eorum inter se. Et hæc perturbatio, addita perturbationi quæ ex linearum inclinatione & inæqualitate oritur, majorem reddet perturbationem totam.

Corol. 3. Unde si Systematis hujus partes in Ellipsibus vel Circulis sine perturbatione insigni moveantur; manifestum est, quod eædem

eædem a viribus acceleratricibus ad alia corpora tendentibus, aut non urgentur nisi leviſſime, aut urgentur æqualiter & ſecundum lineas parallelas quamproxime. Liber Primus.

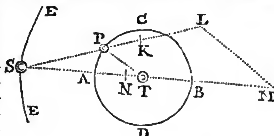
PROPOSITIO LXVI. THEOREMA XXVI.

Si Corpora tria, quorum Vires decreſcunt in duplicata ratione diſtantiarum, ſe mutuo trahant, & attractiones acceleratrices binorum quorumcunque in tertium ſint inter ſe reciproce ut quadrata diſtantiarum; minora autem circa maximum revolvantur: Dico quod interius circa intimum & maximum, radiis ad ipſum ductis, deſcribet areas temporibus magis proportionales, & Figuram ad formam Ellipſeos umbilicum in concurſu radiorum habentis magis accedentem, ſi corpus maximum his attractionibus agitetur, quam ſi maximum illud vel a minoribus non attractum quieſcat, vel multo minus vel multo magis attractum aut multo minus aut multo magis agitetur.

Liquet fere ex demonſtratione Corollarii ſecundi Propoſitionis præcedentis; ſed argumento magis diſtincto & latius cogente ſic evincitur.

Cas. 1. Revolvantur corpora minora P & S in eodem plano circa maximum T, quorum P deſcribat Orbem interiorem PAB, & S exteriorem SE. Sit SK mediocris diſtantia corporum P & S; & corporis P verſus S attractio acceleratrix in mediocri illa diſtantia exponatur per eandem. In duplicata ratione SK ad SP capiatur SL ad SK, & erit SL attractio acceleratrix corporis P verſus S in diſtantia quavis SP. Junge PT, eique parallelam age LM occurrentem ST in M, & attractio SL reſolvetur (per Legum Corol 2.) in attractiones SM, LM. Et ſic urgebitur corpus P vi acceleratrice triplici: una

una tendente ad *T* & oriunda a mutua attractione corporum *T* & *P*. Hac vi sola corpus *P* circum corpus *T*, sive immotum sive hac attractione agitatum, describere deberet & areas, radio *PT*, temporibus proportionales, & Ellipsin cui umbilicus est in centro corporis *T*. Patet hoc per Prop. XI. & Corollaria 2 & 3 Theor. XXI. Vis altera est attractionis *LM*, quæ quoniam tendit a *P* ad *T*, superaddita vi priori coincidet cum ipsa, & sic faciet ut areæ etiamnum temporibus proportionales describantur per Corol. 3. Theor. XXI. At quoniam non est quadrato distantiæ *PT* reciproce proportionalis, componet ea cum vi priore vim ab hac proportione aberrantem, idque eo magis quo major est proportio hujus vis ad vim priorem, cæteris paribus. Proinde cum (per Prop. XI, & per Corol. 2. Theor. XXI) vis qua Ellipsis circa umbilicum *T* describitur tendere debeat ad umbilicum illum, & esse quadrato distantiæ *PT* reciproce proportionalis; vis illa composita, aberrando ab hac proportione, faciet ut Orbis *PAB* aberret a forma Ellipseos umbilicum habentis in *S*; idque eo magis quo major est aberratio ab hac proportione; atque adeo etiam quo major est proportio vis secundæ *LM* ad vim primam, cæteris paribus. Jam vero vis tertia *SM*, trahendo corpus *P* secundum lineam ipsi *ST* parallelam, componet cum viribus prioribus vim quæ non amplius dirigitur a *P* in *T*, quæque ab hac determinatione tanto magis aberrat, quanto major est proportio hujus tertiæ vis ad vires priores, cæteris paribus; atque adeo quæ faciet ut corpus *P*, radio *TP*, areas non amplius temporibus proportionales describat, atque aberratio ab hac proportionalitate ut tanto major sit, quanto major est proportio vis hujus tertiæ ad vires cæteras. Orbis vero *PAB* aberrationem a forma Elliptica præfata hæc vis tertia duplici de causa adaugebit, tum quod non dirigatur a *P* ad *T*, tum etiam quod non sit proportionalis quadrato distantiæ *PT*. Quibus intellectis, manifestum est quod areæ temporibus tum maxime fiunt proportionales, ubi vis tertia, manentibus viribus cæteris, fit minima; & quod Orbis *PAB* tum maxime accedit ad præfatam formam Ellipticam, ubi vis tam secunda quam tertia, sed præcipue vis tertia, fit minima, vi prima manente.



Expo-

Exponatur corporis *T* attractio acceleratrix versus *S* per lineam *SN*; & si attractiones acceleratrices *SM*, *SN* æquales essent; hæ, trahendo corpora *T* & *P* æqualiter & secundum lineas parallelas, nil mutarent situm eorum ad invicem. Iidem jam forent corporum illorum motus inter se (per Legum Corol. 6.) ac si hæ attractiones tollerentur. Et pari ratione si attractio *SN* minor esset attractione *SM*, tolleret ipsa attractionis *SM* partem *SN*, & maneret pars sola *MN*, qua temporum & arearum proportionalitas & Orbitæ forma illa Elliptica perturbaretur. Et similiter si attractio *SN* major esset attractione *SM*, oriretur ex differentia sola *MN* perturbatio proportionalitatis & Orbitæ. Sic per attractionem *SN* reducitur semper attractio tertia superior *SM* ad attractionem *MN*, attractione prima & secunda manentibus prorsus immutatis: & propterea areæ ac tempora ad proportionalitatem, & Orbita *PAB* ad formam præfatam Ellipticam tum maxime accedunt, ubi attractio *MN* vel nulla est, vel quam fieri possit minima; hoc est, ubi corporum *P* & *T* attractiones acceleratrices, factæ versus corpus *S*, accedunt quantum fieri potest ad æqualitatem; id est, ubi attractio *SN* non est nulla, neque minor minima attractionum omnium *SM*, sed inter attractionum omnium *SM* maximam & minimam quasi mediocris, hoc est, non multo major neque multo minor attractione *SK*. *Q. E. D.*

Cas. 2. Revolvantur jam corpora minora *P*, *S* circa maximum *T* in planis diversis; & vis *LM*, agendo secundum lineam *PT* in plano Orbitæ *PAB* sitam, eundem habebit effectum ac prius, neque corpus *P* de plano Orbitæ suæ deturbabit. At vis altera *NM*, agendo secundum lineam quæ ipsi *ST* parallela est, (atque adeo, quando corpus *S* versatur extra lineam Nodorum, inclinatur ad planum Orbitæ *PAB*;) præter perturbationem motus in Longitudinem jam ante expositam, inducet perturbationem motus in Latitudinem, trahendo corpus *P* de plano suæ Orbitæ. Et hæc perturbatio, in dato quovis corporum *P* & *T* ad invicem situ, erit ut vis illa generans *MN*, adeoque minima evadet ubi *MN* est minima, hoc est (uti jam exposui) ubi attractio *SN* non est multo major, neque multo minor attractione *SK*. *Q. E. D.*

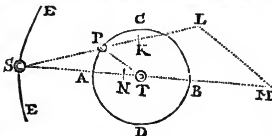
Corol. 1. Ex his facile colligitur quod, si corpora plura minora *P*, *S*, *R*, &c. revolvantur circa maximum *T*, motus corporis intimi *P* minime perturbabitur attractionibus exteriorum, ubi corpus maximum *T* pariter a cæteris, pro ratione virium acceleratricum, attrahitur & agitatur atque cætera a se mutuo.

Corol.

Corol. 2. In Systemate vero trium corporum *T*, *P*, *S*, si attractiones acceleratrices binorum quorumcunque in tertium sint ad invicem reciproce ut quadrata distantiarum; corpus *P*, radio *PT*, aream circa corpus *T* velocius describet prope Conjunctionem *A* & Oppositionem *B*, quam prope Quadraturas *C*, *D*. Namque vis omnis qua corpus *P* urgetur & corpus *T* non urgetur, quæque non agit secundum lineam *PT* accelerat vel retardat descriptionem areæ, perinde ut ipsa in consequentia vel in antecedentia dirigitur. Talis est vis *NM*. Hæc in transitu corporis *P* a *C* ad *A* tendit in consequentia, motumque accelerat; dein usque ad *D* in antecedentia, & motum retardat; tum in consequentia usque ad *B*, & ultimo in antecedentia transeundo a *B* ad *C*.

Corol. 3. Et eodem argumento patet quod corpus *P*, cæteris paribus, velocius movetur in Conjunctione & Oppositione quam in Quadraturis.

Corol. 4. Orbita corporis *P*, cæteris paribus, curvior est in Quadraturis quam in Conjunctione & Oppositione. Nam corpora velociora minus deflectunt a recto tramite. Et præterea vis *KL* vel *NM*, in Conjunctione & Oppositione, contraria est vi qua corpus *T* trahit corpus *P*, adeoque vim illam minuit; corpus autem *P* minus deflectet a recto tramite, ubi minus urgetur in corpus *T*.



Corol. 5. Unde corpus *P*, cæteris paribus, longius recedet a corpore *T* in Quadraturis, quam in Conjunctione & Oppositione. Hæc ita se habent excluso motu Excentricitatis. Nam si Orbita corporis *P* excentrica sit: Excentricitas ejus (ut mox in hujus Corol. 9. ostendetur) evadet maxima ubi Apsides sunt in Syzygiis; indeque fieri potest ut corpus *P*, ad Apsidem summam appellans, absit longius a corpore *T* in Syzygiis quam in Quadraturis.

Corol. 6. Quoniam vis centripeta corporis centralis *T*, qua corpus *P* retinetur in Orbe suo, augetur in Quadraturis per additionem vis *LM*, ac diminuitur in Syzygiis per ablationem vis *KL*, & ob magnitudinem vis *KL*, magis diminuitur quam augetur; est autem vis illa centripeta (per Corol. 2, Prop. IV.) in ratione composita ex ratione simplici radii *TP* directe & ratione duplicata temporis

ris periodici inverse: patet hanc rationem compositam diminui per actionem vis *KL*, adeoque tempus periodicum, si maneat Orbis radius *TP*, augeri, idque in subduplicata ratione qua vis illa centripeta diminuitur: auctoque adeo vel diminuto hoc Radio, tempus periodicum augeri magis, vel diminui minus quam in Radii hujus ratione sesquiplicata, per Corol. 6. Prop. IV. Si vis illa corporis centralis paulatim languesceret, corpus *P* minus semper & minus attractum perpetuo recederet longius a centro *T*; & contra, si vis illa augeretur, accederet propius. Ergo si actio corporis longinqui *S*, qua vis illa diminuitur, augeatur ac diminuatur per vices; augebitur simul ac diminuetur Radius *TP* per vices, & tempus periodicum augebitur ac diminuetur in ratione composita ex ratione sesquiplicata Radii & ratione subduplicata qua vis illa centripeta corporis centralis *T*, per incrementum vel decrementum actionis corporis longinqui *S*, diminuitur vel augetur.

Corol. 7. Ex præmissis consequitur etiam quod Ellipseos a corpore *P* descriptæ Axis, seu Apsidum linea, quoad motum angularem progreditur & regreditur per vices, sed magis tamen progreditur, & in singulis corporis revolutionibus per excessum progressionis fertur in consequentia. Nam vis qua corpus *P* urgetur in corpus *T* in Quadraturis, ubi vis *MN* evanuit, componitur ex vi *LM* & vi centripeta qua corpus *T* trahit corpus *P*. Vis prior *LM*, si augeatur distantia *PT*, augetur in eadem fere ratione cum hac distantia, & vis posterior decrescit in duplicata illa ratione, adeoque summa harum virium decrescit in minore quam duplicata ratione distantiæ *PT*, & propterea (per Corol. 1. Prop. XLV) efficit ut Aux, seu Apsis summa, regrediatur. In Conjunctione vero & Oppositione, vis qua corpus *P* urgetur in corpus *T* differentia est inter vim qua corpus *T* trahit corpus *P* & vim *KL*; & differentia illa, propterea quod vis *KL* augetur quamproxime in ratione distantiæ *PT*, decrescit in majore quam duplicata ratione distantiæ *PT*, adeoque (per Corol. 1. Prop. XLV) efficit ut Aux progrediatur. In locis inter Syzygias & Quadraturas pendet motus Augis ex causa utraque conjunctim, adeo ut pro hujus vel alterius excessu progrediatur ipsa vel regrediatur. Unde cum vis *KL* in Syzygiis sit quasi duplo major quam vis *LM* in Quadraturis, excessus in tota revolutione erit penes vim *KL*, transferetque Augem singulis revolutionibus in consequentia. Veritas autem hujus & præcedentis Corollarii facilius intelligetur concipiendo Systema corporum duorum *T*, *P* corporibus pluribus *S*, *S*, *S*, &c. in Orbe *ESE* consistentibus, undique cingi. Namque horum actioni-

bus actio ipſius T minuetur undique, decreſcetque in ratione pluſquam duplicata diſtantiæ.

Corol. 8. Cum autem pendeat Apſidum progreſſus vel regreſſus a decremento vis centripetæ facto in majori vel minori quam duplicata ratione diſtantiæ TP, in tranſitu corporis ab Apſide ima ad Apſidem ſummam; ut & a ſimili incremento in reditu ad Apſidem imam; atque adeo maximus ſit ubi proportio vis in Apſide ſumma ad vim in Apſide ima maxime recedit a duplicata ratione diſtantiarum inverſa: manifeſtum eſt quod Apſides in Syzygiis ſuis, per vim ablatitiam KL ſeu $NM-LM$, progredientur velocius, inque Quadraturis ſuis tardius recedent per vim addititiam LM. Ob diuturnitatem vero temporis quo velocitas progreſſus vel tarditas regreſſus continuatur, fit hæc inæqualitas longe maxima.

Corol. 9. Si corpus aliquod vi reciproce proportionali quadrato diſtantiæ ſuæ a centro, revolveretur circa hoc centrum in Ellipſi, & mox, in deſcenſu ab Apſide ſumma ſeu Auge ad Apſidem imam, vis illa per acceſſum perpetuum vis novæ augeretur in ratione pluſquam duplicata diſtantiæ diminutæ: manifeſtum eſt quod corpus, perpetuo acceſſu vis illius novæ impulſum ſemper in centrum, magis vergeret in hoc centrum, quam ſi urgeretur vi ſola creſcente in duplicata ratione diſtantiæ diminutæ, adeoque Orbem deſcriberet Orbe Elliptico interiorem, & in Apſide ima propius accederet ad centrum quam prius. Orbis igitur, acceſſu hujus vis novæ, fiet magis excentricus. Si jam vis, in receſſu corporis ab Apſide ima ad Apſidem ſummam, decreſceret iiſdem gradibus quibus ante creverat, rediret corpus ad diſtantiam priorem, adeoque ſi vis decreſcat in majori ratione, corpus jam minus attractum aſcendet ad diſtantiam majorem & ſic Orbis Excentricitas adhuc magis augebitur. Igitur ſi ratio incrementi & decrementi vis centripetæ ſingulis revolutionibus augeatur, augebitur ſemper Excentricitas; & e contra, diminuetur eadem ſi ratio illa decreſcat. Jam vero in Syſtemate corporum T, P, S, ubi Apſides Orbis PAB ſunt in Quadraturis, ratio illa incrementi ac decrementi minima eſt,

&

& maxima fit ubi Apſides ſunt in Syzygiis. Si Apſides conſtituantur in Quadraturis, ratio prope Apſides minor eſt & prope Syzygias major quam duplicata diſtantiarum, & ex ratione illa majori oritur Augis motus velociſſimus, uti jam dictum eſt. At ſi conſideretur ratio incrementi vel decrementi totius in progreſſu inter Apſides, hæc minor eſt quam duplicata diſtantiarum. Vis in Apſide ima eſt ad vim in Apſide ſumma in minore quam duplicata ratione diſtantiæ Apſidis ſummæ ab umbilico Ellipſeos ad diſtantiam Apſidis imæ ab eodem umbilico: & e contra, ubi Apſides conſtituuntur in Syzygiis, vis in Apſide ima eſt ad vim in Apſide ſumma in majore quam duplicata ratione diſtantiarum. Nam vires LM in Quadraturis additæ viribus corporis T componunt vires in ratione minore, & vires KL in Syzygiis ſubductæ viribus corporis T relinquunt vires in ratione majore. Eſt igitur ratio decrementi & incrementi totius, in tranſitu inter Apſides, minima in Quadraturis, maxima in Syzygiis: & propterea in tranſitu Apſidum a Quadraturis ad Syzygias perpetuo augetur, augetque Excentricitatem Ellipſeos; inque tranſitu a Syzygiis ad Quadraturas perpetuo diminuitur, & Excentricitatem diminuit.

Corol. 10. Ut rationem ineamus errorum in Latitudinem, fingamus planum Orbis EST immobile manere; & ex errorum expoſita cauſa manifeſtum eſt quod, ex viribus NM, ML, quæ ſunt cauſa illa tota, vis ML agendo ſemper ſecundum planum Orbis PAB, nunquam perturbat motus in Latitudinem; quodque vis NM, ubi Nodi ſunt in Syzygiis, agendo etiam ſecundum idem Orbis planum, non perturbat hos motus; ubi vero ſunt in Quadraturis eos maxime perturbat, corpuſque P de plano Orbis ſui perpetuo trahendo, minuit inclinationem plani in tranſitu corporis a Quadraturis ad Syzygias, augetque viciſſim eandem in tranſitu a Syzygiis ad Quadraturas. Unde fit ut corpore in Syzygiis exiſtente inclinatio evadat omnium minima, redeatque ad priorem magnitudinem circiter, ubi corpus ad Nodum proximum accedit. At ſi Nodi conſtituantur in Octantibus poſt Quadraturas, id eſt, inter C & A, D & B, intelligetur ex modo expoſitis quod, in tranſitu corporis P a Nodo alterutro ad gradum inde nonageſimum, inclinatio plani perpetuo minuitur; deinde in tranſitu per proximos 45 gradus, uſque ad Quadraturam proximam, inclinatio augetur, & poſtea denuo in tranſitu per alios 45 gradus, uſque ad Nodum proximum, diminuitur. Magis itaque diminuitur inclinatio quam augetur, & propterea minor eſt ſemper in Nodo ſubſequente quam in præcedente.

dente. Et simili ratiocinio, inclinatio magis augetur quam diminuitur ubi Nodi sunt in Octantibus alteris inter *A* & *D*, *B* & *C*. Inclinatio igitur ubi Nodi sunt in Syzygiis est omnium maxima. In transitu eorum a Syzygiis ad Quadraturas, in singulis corporis ad Nodos appulsibus, diminuitur, fitque omnium minima ubi Nodi sunt in Quadraturis & corpus in Syzygiis: dein crescit iisdem gradibus quibus antea decreverat, Nodisque ad Syzygias proximas appulsis ad magnitudinem primam revertitur.

Corol. 11. Quoniam corpus *P* ubi Nodi sunt in Quadraturis perpetuo trahitur de plano Orbis sui, idque in partem versus *S*, in transitu suo a Nodo *C* per Conjunctionem *A* ad Nodum *D*; & in contrariam partem in transitu a Nodo *D* per Oppositionem *B* ad Nodum *C*; manifestum est quod in motu suo a Nodo *C*, corpus perpetuo recedit ab Orbis sui plano primo *CD*, usque dum perventum est ad Nodum proximum; adeoque in hoc Nodo, longissime distans a plano illo primo *CD*, transit per planum Orbis *EST* non in plani illius Nodo altero *D*, sed in puncto quod inde vergit ad partes corporis *S*, quodque proinde novus est Nodi locus in anteriora vergens. Et simili argumento pergent Nodi recedere in transitu corporis de hoc Nodo in Nodum proximum. Nodi igitur in Quadraturis constituti perpetuo recedunt; in Syzygiis (ubi motus in Latitudinem nil perturbatur) quiescunt; in locis intermediis, conditionis utriusque participes, recedunt tardius; adeoque, semper vel retrogradi vel stationarii, singulis revolutionibus feruntur in antecedentia.

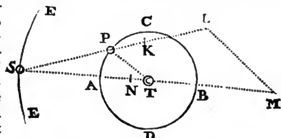
Corol. 12. Omnes illi in his Corollariis descripti Errores sunt paulo majores in Conjunctione corporum *P*, *S* quam in eorum Oppositione, idque ob majores vires generantes *NM* & *ML*.

Corol. 13. Cumque rationes horum Corollariorum non pendeant a magnitudine corporis *S*, obtinent præcedentia omnia, ubi corporis *S* tanta statuitur magnitudo ut circa ipsum revolvatur corporum duorum *T* & *P* Systema. Et ex aucto corpore *S* auctaque adeo ipsius vi centripeta, a qua errores corporis *P* oriuntur, evadent errores illi omnes (paribus distantiis) majores in hoc casu quam in altero, ubi corpus *S* circum Systema corporum *P* & *T* revolvitur.

Corol. 14. Cum autem vires *NM*, *ML*, ubi corpus *S* longinquum est, sint quamproxime ut vis *SK* & ratio *PT* ad *ST* conjunctim, hoc est, si detur tum distantia *PT*, tum corporis *S* vis absoluta, ut *ST cub.* reciproce; sint autem vires illæ *NM*, *ML* causæ errorum & effectuum omnium de quibus actum est in præcedentibus

dentibus Corollariis: manifestum est quod effectus illi omnes, stante corporum *T* & *P* Systemate, & mutatis tantum distantia *ST* & vi absoluta corporis *S*, sint quamproxime in ratione composita ex ratione directa vis absolutæ corporis *S* & ratione triplicata inversa distantiæ *ST*. Unde si Systema corporum *T* & *P* revolvatur circa corpus longinquum *S*, vires illæ *NM*, *ML* & earum effectus erunt (per Corol. 2. & 6. Prop. IV.) reciproce in duplicata ratione temporis periodici. Et inde etiam, si magnitudo corporis *S* proportionalis sit ipsius vi absolutæ, erunt vires illæ *NM*, *ML* & earum effectus directe ut cubus diametri apparentis longinqui corporis *S* e corpore *T* spectati, & vice versa. Namque hæ rationes eædem sunt atque ratio superior composita.

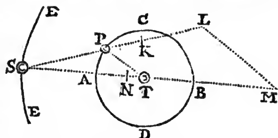
Corol. 15. Et quoniam si, manentibus Orbium *ESE* & *PAB* forma, proportionibus & inclinatione ad invicem, mutetur eorum magnitudo, & si corporum *S* & *T* vel maneant vel mutentur vires in data quavis ratione, hæ vires (hoc est, vis corporis *T* qua corpus *P* de recto tramite in Orbitam *PAB* deflectere, & vis corporis *S* qua corpus idem *P* de Orbita illa deviare cogitur) agunt semper eodem modo & eadem proportione: necesse est ut similes & proportionales sint effectus omnes & proportionalia effectuum tempora; hoc est, ut errores omnes lineares sint ut Orbium diametri, angulares vero iidem qui prius, & errorum linearium similium vel angularium æqualium tempora ut Orbium tempora periodica.



Corol. 16. Unde, si dentur Orbium formæ & inclinatio ad invicem, & mutentur utcunque corporum magnitudines, vires & distantiæ; ex datis erroribus & errorum temporibus in uno Casu, colligi possunt errores & errorum tempora in alio quovis, quam proxime: Sed brevius hac Methodo. Vires *NM*, *ML*, cæteris stantibus, sunt ut Radius *TP*, & harum effectus periodici (per Corol. 2, Lem. X) ut vires & quadratum temporis periodici corporis *P* conjunctim. Hi sunt errores lineares corporis *P*; & hinc errores angulares e centro *T* spectati (id est, tam motus Augis & Nodorum, quam omnes in Longitudinem & Latitudinem errores apparentes) sunt, in qualibet revolutione corporis *P*, ut quadratum temporis revo-

revolutionis quam proxime. Conjungantur hæ rationes cum rationibus Corollarii 14, & in quolibet corporum *T*, *P*, *S* Systemate, ubi *P* circum *T* sibi propinquum, & *T* circum *S* longinquum revolvitur, errores angulares corporis *P*, de centro *T* apparentes, erunt, in singulis revolutionibus corporis illius *P*, ut quadratum temporis periodici corporis *P* directe & quadratum temporis periodici corporis *T* inverse. Et inde motus medius Augis erit in data ratione ad motum medium Nodorum; & motus uterque erit ut quadratum temporis periodici corporis *P* directe & quadratum temporis periodici corporis *T* inverse. Augendo vel minuendo Excentricitatem & Inclinationem Orbis *PAB* non mutantur motus Augis & Nodorum sensibiliter, nisi ubi eædem sunt nimis magnæ.

Corol. 17. Cum autem linea *LM* nunc major sit nunc minor quam radius *PT*, exponatur vis mediocris *LM* per radium illum *PT*; & erit hæc ad vim mediocrem *SK* vel *SN* (quam exponere licet per *ST*) ut longitudo *PT* ad longitudinem *ST*. Est autem vis mediocris *SN* vel *ST*, qua corpus *T* retinetur in Orbe suo circum *S*, ad vim qua



corpus *P* retinetur in Orbe suo circum *T*, in ratione composita ex ratione radii *ST* ad radium *PT*, & ratione duplicata temporis periodici corporis *P* circum *T* ad tempus periodicum corporis *T* circum *S*. Et ex æquo, vis mediocris *LM*, ad vim qua corpus *P* retinetur in Orbe suo circum *T* (quave corpus idem *P*, eodem tempore periodico, circum punctum quodvis immobile *T* ad distantiam *PT* revolvi posset) est in ratione illa duplicata periodicorum temporum. Datis igitur temporibus periodicis una cum distantia *PT*, datur vis mediocris *LM*; & ea data, datur etiam vis *MN* quamproxime per analogiam linearum *PT*, *MN*.

Corol. 18. Iisdem legibus quibus corpus *P* circum corpus *T* revolvitur, fingamus corpora plura fluida circum idem *T* ad æquales ab ipso distantias moveri; deinde ex his contiguis factis conflari Annulum fluidum, rotundum ac corpori *T* concentricum; & singulæ Annuli partes, motus suos omnes ad legem corporis *P* peragendo,

agendo, propius accedent ad corpus *T*, & celerius movebuntur in Conjunctione & Oppositione ipsarum & corporis *S*, quam in Quadraturis. Et Nodi Annuli hujus seu intersectiones ejus cum plano Orbitæ corporis *S* vel *T*, quiescent in Syzygiis; extra Syzygias vero movebuntur in antecedentia, & velocissime quidem in Quadraturis, tardius aliis in locis. Annuli quoque inclinatio variabitur, & axis ejus singulis revolutionibus oscillabitur, completaque revolutione ad pristinum situm redibit, nisi quatenus per præcessionem Nodorum circumfertur.

Corol. 19. Fingas jam Globum corporis *T*, ex materia non fluida constantem, ampliari & extendi usque ad hunc Annulum, & alveo per circuitum excavato continere Aquam, motuque eodem periodico circa axem suum uniformiter revolvi. Hic liquor per vices acceleratus & retardatus (ut in superiore Corollario) in Syzygiis velocior erit, in Quadraturis tardior quam superficies Globi, & sic fluet in alveo refluetque ad modum Maris. Aqua revolvendo circa Globi centrum quiescens, si tollatur attractio corporis *S* nullum acquiret motum fluxus & refluxus. Par est ratio Globi uniformiter progredientis in directum & interea revolventis circa centrum suum (per Legum Corol. 5.) ut & Globi de cursu rectilineo uniformiter tracti, per Legum Corol. 6. Accedat autem corpus *S*, & ab ipsius inæquabili attractione mox turbabitur Aqua. Etenim major erit attractio aquæ propioris, minor ea remotioris. Vis autem LM trahet aquam deorsum in Quadraturis, facietque ipsam descendere usque ad Syzygias; & vis KL trahet eandem sursum in Syzygiis, sistetque descensum ejus & faciet ipsam ascendere usque ad Quadraturas.

Corol. 20. Si Annulus jam rigeat & minuatur Globus, cessabit motus fluendi & refluendi; sed Oscillatorius ille inclinationis motus & præcessio Nodorum manebunt. Habeat Globus eundem axem cum Annulo, gyrosque compleat iisdem temporibus, & superficie sua contingat ipsum interius, eique inhæreat; & participando motum ejus, compages utriusque Oscillabitur & Nodi regredientur. Nam Globus, ut mox dicetur, ad suscipiendas impressiones omnes indifferens est. Annuli Globo orbati maximus inclinationis angulus est ubi Nodi sunt in Syzygiis. Inde in progressu Nodorum ad Quadraturas conatur is inclinationem suam minuere, & isto conatu motum imprimit Globo toti. Retinet Globus motum impressum usque dum Annulus conatu contrario motum hunc tollat, imprimatque motum novum in contrariam partem: Atque hac ratione

tione maximus decrescentis inclinationis motus fit in Quadraturis Nodorum, & minimus inclinationis angulus in Octantibus post Quadraturas; dein maximus reclinationis motus in Syzygiis, & maximus angulus in Octantibus proximis. Et eadem est ratio Globi Annulo nudati, qui in regionibus æquatoris vel altior est paulo quam juxta polos, vel constat ex materia paulo densiore. Supplet enim vicem Annuli iste materiæ in æquatoris regionibus excessus. Et quanquam, aucta utcunque Globi hujus vi centripeta, tendere supponantur omnes ejus partes deorsum, ad modum gravitantium partium telluris, tamen Phænomena hujus & præcedentis Corollarii vix inde mutabuntur.

Corol. 21. Eadem ratione qua materia Globi juxta æquatorem redundans efficit ut Nodi regrediantur, atque adeo per hujus incrementum augetur iste regressus, per diminutionem vero diminuitur & per ablationem tollitur; si materia plusquam redundans tollatur, hoc est, si Globus juxta æquatorem vel depressior reddatur vel rarior quam juxta polos, orietur motus Nodorum in consequentia.

Corol. 22. Et inde vicissim, ex motu Nodorum innotescit constitutio Globi. Nimirum si Globus polos eosdem constanter servat, & motus fit in antecedentia, materia juxta æquatorem redundat; si in consequentia, deficit. Pone Globum uniformem & perfecte circinatum in spatiis liberis primo quiescere; dein impetu quocunque oblique in superficiem suam facto propelli, & motum inde concipere partim circularem, partim in directum. Quoniam Globus iste ad axes omnes per centrum suum transeuntes indifferenter se habet, neque propensior est in unum axem, unumve axis situm, quam in alium quemvis; perspicuum est quod is axem suum axisque inclinationem vi propria nunquam mutabit. Impellatur jam Globus oblique, in eadem illa superficiei parte qua prius, impulsu quocunque novo; & cum citior vel serior impulsus effectum nil mutet, manifestum est quod hi duo impulsus successive impressi eundem producent motum ac si simul impressi fuissent, hoc est, eundem ac si Globus vi simplici ex utroque (per Legum Corol. 2.) composita impulsus fuisset, atque adeo simplicem, circa axem inclinatione datum. Et par est ratio impulsus secundi facti in locum alium quemvis in æquatore motus primi; ut & impulsus primi facti in locum quemvis in æquatore motus, quem impulsus secundus absque primo generaret; atque adeo impulsuum amborum factorum in loca quæcunque: Generabunt hi eundem motum circularem

cularem ac si simul & semel in locum intersectionis æquatorum motuum illorum, quos seorsim generarent, fuissent impressi. Globus igitur homogeneus & perfectus non retinet motus plures distinctos, sed impressos omnes componit & ad unum reducit, & quatenus in se est, gyratur semper motu simplici & uniformi circa axem unicum, inclinatione semper invariabili datum. Sed nec vis centripeta inclinationem axis, aut rotationis velocitatem mutare potest. Si Globus plano quocunque, per centrum suum & centrum in quod vis dirigitur transeunte, dividi intelligatur in duo hemisphæria; urgebit semper vis illa utrumque hemisphærium æqualiter, & propterea Globum, quoad motum rotationis, nullam in partem inclinabit. Addatur vero alicubi inter polum & æquatorem materia nova in formam montis cumulata, & hæc, perpetuo conatu recedendi a centro sui motus, turbabit motum Globi, facietque polos ejus errare per ipsius superficiem, & circulos circum se punctumque sibi oppositum perpetuo describere. Neque corrigetur ista vagationis enormitas, nisi locando montem illum vel in polo alterutro, quo in Casu (per Corol. 21) Nodi æquatoris progredientur; vel in æquatore, qua ratione (per Corol. 20) Nodi regredientur; vel denique ex altera axis parte addendo materiam novam, qua mons inter movendum libretur, & hoc pacto Nodi vel progredientur, vel recedent, perinde ut mons & hæcce nova materia sunt vel polo vel æquatori propiores.

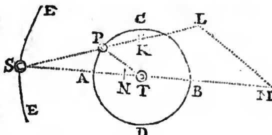
PROPOSITIO LXVII. THEOREMA XXVII.

Positis iisdem attractionum legibus, dico quod corpus exterius S, *circa interiorum* P, T *commune gravitatis centrum* C, *radiis ad centrum illud ductis, describit areas temporibus magis proportionales & Orbem ad formam Ellipseos umbilicum in centro eodem habentis magis accedentem, quam circa corpus intimum & maximum* T, *radiis ad ipsum ductis, describere potest.*

Nam corporis *S* attractiones versus *T* & *P* componunt ipsius attractionem absolutam, quæ magis dirigitur in corporum *T* & *P* commune gravitatis centrum *C*, quam in corpus maximum *T*, quæque quadrato distantiæ *SC* magis est proportionalis reciproce, quam quadrato distantiæ *ST*: ut rem perpendenti facile constabit.

PROPOSITIO LXVIII. THEOREMA XXVIII.

Positis iisdem attractionum legibus, dico quod corpus exterius S, *circa interiorum* P *&* T *commune gravitatis centrum* C, *radiis ad centrum illud ductis, describit areas temporibus magis proportionales, & Orbem ad formam Ellipseos umbilicum in centro eodem habentis magis accedentem, si corpus intimum & maximum his attractionibus perinde atque cætera agitetur, quam si id vel non attractum quiescat, vel multo magis aut multo minus attractum aut multo magis aut multo minus agitetur.*



Demonstratur eodem fere modo cum Prop. LXVI, sed argumento prolixiore, quod ideo prætereo. Suffecerit rem sic æstimare. Ex demonstratione Propositionis novissimæ liquet centrum in quod corpus *S* conjunctis viribus urgetur, proximum esse communi centro gravitatis duorum illorum. Si coincideret hoc centrum cum centro illo communi, & quiesceret commune centrum gravitatis corporum trium; describerent corpus *S* ex una parte, & commune centrum aliorum duorum ex altera parte, circa commune omnium centrum quiescens, Ellipses accuratas. Liquet hoc per Corollarium secundum Propositionis LVIII collatum cum demonstratis in Propos. LXIV & LXV. Perturbatur iste motus Ellipticus aliquantulum per distantiam centri duorum a centro in quod tertium *S* attrahitur. Detur præterea motus communi trium centro, & augebitur perturbatio. Proinde minima est perturbatio ubi commune trium centrum quiescit, hoc est, ubi corpus intimum & maximum *T* lege cæterorum attrahitur: fitque major semper ubi trium commune illud centrum, minuendo motum corporis *T*, moveri incipit & magis deinceps magisque agitatur.

Corol.

Corol. Et hinc, si corpora plura minora revolvantur circa maximum, colligere licet quod Orbitæ descriptæ propius accedent ad Ellipticas, & arearum descriptiones fient magis æquabiles, si corpora omnia viribus acceleratricibus, quæ sunt ut eorum vires absolutæ directe & quadrata distantiarum inverse, se mutuo trahant agitentque, & Orbitæ cujusque umbilicus collocetur in communi centro gravitatis corporum omnium interiorum (nimirum umbilicus Orbitæ primæ & intimæ in centro gravitatis corporis maximi & intimi; ille Orbitæ secundæ, in communi centro gravitatis corporum duorum intimorum; iste tertiæ, in communi centro gravitatis trium interiorum; & sic deinceps) quam si corpus intimum quiescat & statuatur communis umbilicus Orbitarum omnium.

PROPOSITIO LXIX. THEOREMA XXIX.

In Systemate corporum plurium A, B, C, D, *&c. si corpus aliquod* A *trahit cætera omnia* B, C, D, *&c. viribus acceleratricibus quæ sunt reciproce ut quadrata distantiarum a trahente; & corpus aliud* B *trahit etiam cætera* A, C, D, *&c. viribus quæ sunt reciproce ut quadrata distantiarum a trahente: erunt Absolutæ corporum trahentium* A, B *vires ad invicem, ut sunt ipsa corpora* A, B, *quorum sunt vires.*

Nam attractiones acceleratrices corporum omnium *B*, *C*, *D* versus *A*, paribus distantiis, sibi invicem æquantur ex Hypothesi; & similiter attractiones acceleratrices corporum omnium versus *B*, paribus distantiis, sibi invicem æquantur. Est autem absoluta vis attractiva corporis *A* ad vim absolutam attractivam corporis *B*, ut attractio acceleratrix corporum omnium versus *A* ad attractionem acceleratricem corporum omnium versus *B*, paribus distantiis; & ita est attractio acceleratrix corporis *B* versus *A*, ad attractionem acceleratricem corporis *A* versus *B*. Sed attractio acceleratrix corporis *B* versus *A* est ad attractionem acceleratricem corporis *A* versus *B*, ut massa corporis *A* ad massam corporis *B*; propterea quod vires motrices, quæ (per Definitionem secundam, septimam & octavam) ex viribus acceleratricibus in corpora attracta ductis oriuntur, sunt (per motus Legem tertiam) sibi invicem æqua-

les. Ergo absoluta vis attractiva corporis *A* est ad absolutam vim attractivam corporis *B*, ut massa corporis *A* ad massam corporis *B*. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc si singula Systematis corpora *A*, *B*, *C*, *D*, &c. seorsim spectata trahant cætera omnia viribus acceleratricibus quæ sunt reciproce ut quadrata distantiarum a trahente; erunt corporum illorum omnium vires absolutæ ad invicem ut sunt ipsa corpora.

Corol. 2. Eodem argumento, si singula Systematis corpora *A*, *B*, *C*, *D*, &c. seorsim spectata trahant cætera omnia viribus acceleratricibus quæ sunt vel reciproce vel directe in ratione dignitatis cujuscunque distantiarum a trahente, quæve secundum Legem quamcunque communem ex distantiis ab unoquoque trahente definiuntur; constat quod corporum illorum vires absolutæ sunt ut corpora.

Corol. 3. In Systemate corporum, quorum vires decrescunt in ratione duplicata distantiarum, si minora circa maximum in Ellipsibus umbilicum communem in maximi illius centro habentibus quam fieri potest accuratissimis revolvantur, & radiis ad maximum illud ductis describant areas temporibus quam maxime proportionales: erunt corporum illorum vires absolutæ ad invicem, aut accurate aut quamproxime in ratione corporum; & contra. Patet per Corol. Prop. LXVIII collatum cum hujus Corol. 1.

Scholium.

His Propositionibus manuducimur ad analogiam inter vires centripetas & corpora centralia, ad quæ vires illæ dirigi solent. Rationi enim consentaneum est, ut vires quæ ad corpora diriguntur pendeant ab eorundem natura & quantitate, ut fit in Magneticis. Et quoties hujusmodi casus incidunt, æstimandæ erunt corporum attractiones, assignando singulis eorum particulis vires proprias, & colligendo summas virium. Vocem Attractionis hic generaliter usurpo pro corporum conatu quocunque accedendi ad invicem; sive conatus iste fiat ab actione corporum, vel se mutuo petentium, vel per Spiritus emissos se invicem agitantium, sive is ab actione Ætheris, aut Aeris, Mediive cujuscunque seu corporei seu incorporei oriatur corpora innatantia in se invicem utcunque impellentis. Eodem sensu generali usurpo vocem Impulsus, non species virium

&

& qualitates Phyſicas, ſed quantitates & proportiones Mathematicas in hoc Tractatu expendens, ut in Definitionibus explicui. In Matheſi inveſtigandæ ſunt virium quantitates & rationes illæ, quæ ex conditionibus quibuſcunque poſitis conſequentur: deinde, ubi in Phyſicam deſcenditur, conferendæ ſunt hæ rationes cum Phænomenis, ut innoteſcat quænam virium conditiones ſingulis corporum attractivorum generibus competant. Et tum demum de viribus ſpeciebus, cauſis & rationibus Phyſicis tutius diſputare licebit. Videamus igitur quibus viribus corpora Sphærica, ex particulis modo jam expoſito attractivis conſtantia, debeant in ſe mutuo agere, & quales motus inde conſequantur.

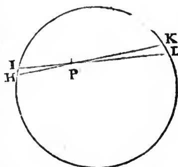
SECTIO XII.

De Corporum Sphæricorum Viribus attractivis.

PROPOSITIO LXX. THEOREMA XXX.

Si ad Sphæricæ ſuperficiei puncta ſingula tendant vires æquales centripetæ decreſcentes in duplicata ratione diſtantiarum a punctis: dico quod corpuſculum intra ſuperficiem conſtitutum his viribus nullam in partem attrahitur.

Sit $HIKL$ ſuperficies illa Sphærica, & P corpuſculum intus conſtitutum. Per P agantur ad hanc ſuperficiem lineæ duæ HK, IL, arcus quam minimos HI, KL intercipientes; &, ob triangula HPI, LPK (per Corol. 3. Lem. VII) ſimilia, arcus illi erunt diſtantiis HP, LP proportionales; & ſuperficiei Sphæricæ particulæ quævis ad HI & KL, rectis per punctum P tranſeuntibus undique terminatæ, erunt in duplicata illa ratione. Ergo vires harum particularum in corpus P exercitæ ſunt inter ſe æquales. Sunt enim ut particulæ directe & quadrata diſtantiarum inverſe. Et hæ duæ rationes componunt rationem æquali-

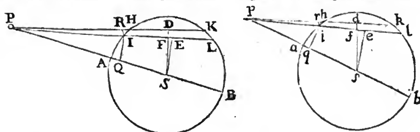


æqualitatis. Attractiones igitur, in contrarias partes æqualiter factæ, se mutuo destruunt. Et simili argumento, attractiones omnes per totam Sphæricam superficiem a contrariis attractionibus destruuntur. Proinde corpus *P* nullam in partem his attractionibus impellitur. *Q. E. D.*

PROPOSITIO LXXI. THEOREMA XXXI.

Iisdem positis, dico quod corpusculum extra Sphæricam superficiem constitutum attrahitur ad centrum Sphæræ, vi reciproce proportionali quadrato distantiæ suæ ab eodem centro.

Sint *AHKB*, *ahkb* æquales duæ superficies Sphæricæ, centris *S*, *s*, diametris *AB*, *ab* descriptæ, & *P*, *p* corpuscula sita extrinsecus in diametris illis productis. Agantur a corpusculis lineæ



PHK, *PIL*, *phk*, *pil*, auferentes a circulis maximis *AHB*, *ahb*, æquales arcus *HK*, *hk* & *IL*, *il*: Et ad eas demittantur perpendicula *SD*, *sd*; *SE*, *se*; *IR*, *ir*; quorum *SD*, *sd* secent *PL*, *pl* in *F* & *f*: Demittantur etiam ad diametros perpendicula *IQ*, *iq*. Evanescant anguli *DPE*, *dpe*: & (ob æquales *DS* & *ds*, *ES* & *es*,) lineæ *PE*, *PF* & *pe*, *pf* & lineolæ *DF*, *df* pro æqualibus habeantur; quippe quarum ratio ultima, angulis illis *DPE*, *dpe* simul evanescentibus, est æqualitatis. His itaque constitutis, erit *PI* ad *PF* ut *RI* ad *DF*, & *pf* ad *pi* ut *df* vel *DF* ad *ri*; & ex æquo $PI \times pf$ ad $PF \times pi$ ut *RI* ad *ri*, hoc est (per Corol. 3. Lem. VII,) ut arcus *IH* ad arcum *ih*. Rursus *PI* ad *PS* ut *IQ* ad *SE*, & *ps* ad *pi* ut *se* vel *SE* ad *iq*; & ex æquo $PI \times ps$ ad $PS \times pi$ ut *IQ* ad *iq*. Et conjunctis rationibus *PI quad.* $\times pf \times ps$ ad *pi quad.* $\times PF \times PS$, ut $IH \times IQ$ ad $ih \times iq$; hoc est, ut superficies circularis, quam

arcus

arcus IH convolutione semicirculi AKB circa diametrum AB describet, ad superficiem circularem, quam arcus ih convolutione semicirculi akb circa diametrum ab describet. Et vires, quibus hæ superficies secundum lineas ad se tendentes attrahunt corpuscula P & p, sunt (per Hypothesin) ut ipsæ superficies applicatæ ad quadrata distantiarum suarum a corporibus, hoc est, ut $pf \times ps$ ad $PF \times PS$. Suntque hæ vires ad ipsarum partes obliquas quæ (facta per Legum Corol. 2. resolutione virium) secundum lineas PS, ps ad centra tendunt, ut PI ad PQ, & pi ad pq; id est (ob similia triangula PIQ & PSF, piq & psf) ut PS ad PF & ps ad pf. Unde, ex æquo, fit attractio corpusculi hujus P versus S ad attractionem corpusculi p versus s, ut $\frac{PF \times pf \times ps}{PS}$ ad $\frac{pf \times PF \times PS}{ps}$, hoc est, ut ps *quad.* ad PS *quad.* Et simili argumento vires, quibus superficies convolutione arcuum KL, kl descriptæ trahunt corpuscula, erunt ut ps *quad.* ad PS *quad.*; inque eadem ratione erunt vires superficierum omnium circularium in quas utraque superficies Sphærica, capiendo semper sd æqualem SD & se æqualem SE, distingui potest. Et, per compositionem, vires totarum superficierum Sphæricarum in corpuscula exercitæ erunt in eadem ratione. *Q. E. D.*

PROPOSITIO LXXII. THEOREMA XXXII.

Si ad Sphæræ cujusvis puncta singula tendant vires æquales centripetæ decrescentes in duplicata ratione distantiarum a punctis, ac detur tum Sphæræ densitas, tum ratio diametri Sphæræ ad distantiam corpusculi a centro ejus; dico quod vis qua corpusculum attrahitur proportionalis erit semidiametro Sphæræ.

Nam concipe corpuscula duo seorsim a Sphæris duabus attrahi, unum ab una & alterum ab altera, & distantias eorum a Sphærarum centris proportionales esse diametris Sphærarum respective, Sphæras autem resolvi in particulas similes & similiter positas ad corpuscula. Et attractiones corpusculi unius, factæ versus singulas particulas Sphæræ unius, erunt ad attractiones alterius versus analogas totidem particulas Sphæræ alterius, in ratione composita ex ratione particularum directe & ratione duplicata distantiarum inverse.

versæ. Sed particulæ sunt ut Sphæræ, hoc est, in ratione triplicata diametrorum, & distantiæ sunt ut diametri, & ratio prior directe una cum ratione posteriore bis inverse est ratio diametri ad diametrum. *Q. E. D.*

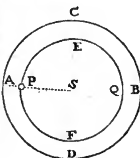
Corol. 1. Hinc si corpuscula in Circulis, circa Sphæras ex materia æqualiter attractiva constantes, revolvantur; sintque distantiæ a centris Sphærarum proportionales earundem diametris: Tempora periodica erunt æqualia.

Corol. 2. Et vice versa, si Tempora periodica sunt æqualia; distantiæ erunt proportionales diametris. Constant hæc duo per Corol. 3. Prop. IV.

Corol. 3. Si ad Solidorum duorum quorumvis similium & æqualiter densorum puncta singula tendant vires æquales centripetæ decrescentes in duplicata ratione distantiarum a punctis: vires quibus corpuscula, ad Solida illa duo similiter sita, attrahentur ab iisdem, erunt ad invicem ut diametri Solidorum.

PROPOSITIO LXXIII. THEOREMA XXXIII.

Si ad Sphæræ alicujus datæ puncta singula tendant æquales vires centripetæ decrescentes in duplicata ratione distantiarum a punctis: dico quod corpusculum intra Sphæram constitutum attrahitur vi proportionali distantiæ suæ ab ipsius centro.



In Sphæra *ABCD*, centro *S* descripta, locetur corpusculum *P*; & centro eodem *S*, intervallo *SP*, concipe Sphæram interiorem *PEQF* describi. Manifestum est, per Prop. LXX, quod Sphæricæ superficies concentricæ ex quibus Sphærarum differentia *AEBF* componitur, attractionibus per attractiones contrarias destructis, nil agunt in corpus *P*. Restat sola attractio Sphæræ interioris *PEQF*. Et per Prop. LXXII, hæc est ut distantia *PS*. *Q. E. D.*

Scholium.

Superficies ex quibus solida componuntur, hic non sunt pure Mathematicæ, sed Orbes adeo tenues ut eorum crassitudo instar nihili

nihili sit; nimirum Orbes evanescentes ex quibus Sphæra ultimo constat, ubi Orbium illorum numerus augetur & crassitudo minuitur in infinitum. Similiter per Puncta, ex quibus lineæ, superficies & solida componi dicuntur, intelligendæ sunt particulæ æquales magnitudinis contemnendæ.

PROPOSITIO LXXIV. THEOREMA XXXIV.

Iisdem positis, dico quod corpusculum extra Sphæram constitutum attrahitur vi reciproce proportionali quadrato distantiæ suæ ab ipsius centro.

Nam distinguatur Sphæra in superficies Sphæricas innumeras concentricas, & attractiones corpusculi a singulis superficiebus oriundæ erunt reciproce proportionales quadrato distantiæ corpusculi a centro, per Prop. LXXI. Et componendo, fiet summa attractionum, hoc est attractio corpusculi in Sphæram totam, in eadem ratione. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc in æqualibus distantiis a centris homogenearum Sphærarum, attractiones sunt ut Sphæræ. Nam per Prop. LXXII, si distantiæ sunt proportionales diametris Sphærarum, vires erunt ut diametri. Minuatur distantia major in illa ratione; &, distantiis jam factis æqualibus, augebitur attractio in duplicata illa ratione, adeoque erit ad attractionem alteram in triplicata illa ratione, hoc est, in ratione Sphærarum.

Corol. 2. In distantiis quibusvis attractiones sunt ut Sphæræ applicatæ ad quadrata distantiarum.

Corol. 3. Si corpusculum, extra Sphæram homogeneam positum, trahitur vi reciproce proportionali quadrato distantiæ suæ ab ipsius centro, constet autem Sphæra ex particulis attractivis; decrescet vis particulæ cujusque in duplicata ratione distantiæ a particula.

PROPOSITIO LXXV. THEOREMA XXXV.

Si ad Sphæræ datæ puncta singula tendant vires æquales centripetæ, decrescentes in duplicata ratione distantiarum a punctis; dico quod Sphæra quævis alia similaris ab eadem attrahitur vi reciproce proportionali quadrato distantiæ centrorum.

Nam particulæ cujusvis attractio est reciproce ut quadratum distantiæ suæ a centro Sphæræ trahentis, (per Prop. LXXIV) & prop-

De Motu Corporum terea eadem est ac si vis tota attrahens manaret de corpusculo unico sito in centro hujus Sphæræ. Hæc autem attractio tanta est quanta foret vicissim attractio corpusculi ejusdem, si modo illud a singulis Sphæræ attractæ particulis eadem vi traheretur qua ipsas attrahit. Foret autem illa corpusculi attractio (per Prop. LXXIV) reciproce proportionalis quadrato distantiæ suæ a centro Sphæræ; adeoque huic æqualis attractio Sphæræ est in eadem ratione. *Q. E. D.*

Corol. 1. Attractiones Sphærarum, versus alias Sphæras homogeneas, sunt ut Sphæræ trahentes applicatæ ad quadrata distantiarum centrorum suorum a centris earum quas attrahunt.

Corol. 2. Idem valet ubi Sphæra attracta etiam attrahit. Namque hujus puncta singula trahent singula alterius, eadem vi qua ab ipsis vicissim trahuntur, adeoque cum in omni attractione urgeatur (per Legem III) tam punctum attrahens, quam punctum attractum, geminabitur vis attractionis mutuæ, conservatis proportionibus.

Corol. 3. Eadem omnia, quæ superius de motu corporum circa umbilicum Conicarum Sectionum demonstrata sunt, obtinent ubi Sphæra attrahens locatur in umbilico & corpora moventur extra Sphæram.

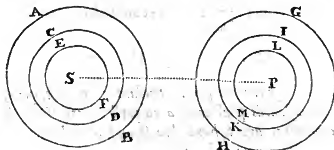
Corol. 4. Ea vero quæ de motu corporum circa centrum Conicarum Sectionum demonstrantur, obtinent ubi motus peraguntur intra Sphæram.

PROPOSITIO LXXVI. THEOREMA XXXVI.

Si Sphæræ in progressu a centro ad circumferentiam (quoad materiæ densitatem & vim attractivam) utcunque dissimilares, in progressu vero per circuitum ad datam omnem a centro distantiam sunt undique similares, & vis attractiva puncti cujusque decrescit in duplicata ratione distantiæ corporis attracti: dico quod vis tota qua hujusmodi Sphæra una attrahit aliam sit reciproce proportionalis quadrato distantiæ centrorum.

Sunto Sphæræ quotcunque concentricæ similares AB, CD, EF, &c. quarum interiores additæ exterioribus componant materiam densiorem

densiorem versus centrum, vel subductæ relinquant tenuiorem; & hæ (per Prop. LXXV) trahent Sphæras alias quotcunque concentricas similares *G H*, *I K*, *L M*, &c. singulæ singulas, viribus reciproce proportionalibus quadrato distantiæ *S P*. Et componendo vel dividendo, summa virium illarum omnium, vel excessus aliquarum supra alias, hoc est, vis quas Sphæra tota ex concentricis quibuscunque vel concentricarum differentiis composita *A B*, trahit totam ex concentricis quibuscunque vel concentricarum differentiis compositam *G H*, erit in eadem ratione. Augeatur numerus Sphærarum concentricarum in infinitum sic, ut materiæ densitas una cum vi attractiva, in progressu a circumferentia ad centrum, secundum Legem quamcunque crescat vel decrescat: &, addita materia non attractiva, compleatur ubivis densitas deficiens, eo ut Sphæræ acquirant formam quamvis optatam; & vis qua harum una attrahet alteram erit etiamnum (per argumentum superius) in eadem illa distantiæ quadratæ ratione inversa. *Q. E. D.*



Corol. 1. Hinc si ejusmodi Sphæræ complures, sibi invicem per omnia similes, se mutuo trahant; attractiones acceleratrices singularum in singulas erunt, in æqualibus quibusvis centrorum distantiis, ut Sphæræ attrahentes.

Corol. 2. Inque distantiis quibusvis inæqualibus, ut Sphæræ attrahentes applicatæ ad quadrata distantiarum inter centra.

Corol. 3. Attractiones vero motrices, seu pondera Sphærarum in Sphæras erunt, in æqualibus centrorum distantiis, ut Sphæræ attrahentes & attractæ conjunctim, id est, ut contenta sub Sphæris per multiplicationem producta.

Corol. 4. Inque distantiis inæqualibus, ut contenta illa applicata ad quadrata distantiarum inter centra.

Corol. 5. Eadem valent ubi attractio oritur a Sphæræ utriusque virtute attractiva, mutuo exercita in Sphæram alteram. Nam viribus ambabus geminatur attractio, proportione servata.

Corol. 6. Si hujusmodi Sphæræ aliquæ circa alias quiescentes revolvantur, singulæ circa singulas, sintque distantiæ inter centra revolventium & quiescentium proportionales quiescentium diametris; æqualia erunt Tempora periodica.

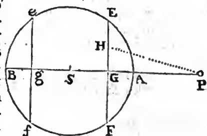
Corol. 7. Et vicissim, si Tempora periodica sunt æqualia; distantiæ erunt proportionales diametris.

Corol. 8. Eadem omnia, quæ superius de motu corporum circa umbilicos Conicarum Sectionum demonstrata sunt, obtinent ubi Sphæra attrahens, formæ & conditionis cujusvis jam descriptæ, locatur in umbilico.

Corol. 9. Ut & ubi gyrantia sunt etiam Sphæræ attrahentes, conditionis cujusvis jam descriptæ.

PROPOSITIO LXXVII. THEOREMA XXXVII.

Si ad singula Sphærarum puncta tendant vires centripetæ, proportionales distantiis punctorum a corporibus attractis: dico quod vis composita, qua Sphæræ duæ se mutuo trahent, est ut distantia inter centra Sphærarum.



Cas. 1. Sit *AEBF* Sphæra, *S* centrum ejus, *P* corpusculum attractum, *PASB* axis Sphæræ per centrum corpusculi transiens, *EF*, *ef* plana duo quibus Sphæra secatur, huic axi perpendicularia & hinc inde æqualiter distantia a centro Sphæræ; *G*, *g* intersectiones planorum & axis, & *H* punctum quodvis in plano *EF*. Puncti *H* vis centripeta in corpusculum *P*, secundum lineam *PH* exercita, est ut distantia *PH*; & (per Legum Corol. 2.) secundum lineam *PG*, seu versus centrum *S*, ut longitudo *PG*. Igitur punctorum omnium in plano *EF*, hoc est plani totius vis, qua corpusculum *P* trahitur versus centrum *S*, est ut numerus punctorum ductus in distantiam *PG*: id est, ut contentum sub plano ipso *EF* & distantia illa *PG*. Et similiter vis plani *ef*, qua corpusculum *P* trahitur

trahitur versus centrum S, est ut planum illud ductum in distantiam suam Pg, sive ut huic æquale planum EF ductum in distantiam illam Pg; & summa virium plani utriusque ut planum EF ductum in summam distantiarum $PG+Pg$, id est, ut planum illud ductum in duplam centri & corpusculi distantiam PS, hoc est, ut duplum planum EF ductum in distantiam PS, vel ut summa æqualium planorum $EF+ef$ ducta in distantiam eandem. Et simili argumento, vires omnium planorum in Sphæra tota, hinc inde æqualiter a centro Sphæræ distantium, sunt ut summa planorum ducta in distantiam PS, hoc est, ut Sphæra tota ducta in distantiam centri sui S a corpusculo P. *Q. E. D.*

Cas. 2. Trahat jam corpusculum P Sphæram $AEBF$. Et eodem argumento probabitur quod vis, qua Sphæra illa trahitur, erit ut distantia PS. *Q. E. D.*

Cas. 3. Componatur jam Sphæra altera ex corpusculis innumeris P; & quoniam vis, qua corpusculum unumquodque trahitur, est ut distantia corpusculi a centro Sphæræ primæ ducta in Sphæram eandem, atque adeo eadem est ac si prodiret tota de corpusculo unico in centro Sphæræ; vis tota qua corpuscula omnia in Sphæra secunda trahuntur, hoc est, qua Sphæra illa tota trahitur, eadem erit ac si Sphæra illa traheretur vi prodeunte de corpusculo unico in centro Sphæræ primæ, & propterea proportionalis est distantiæ inter centra Sphærarum. *Q. E. D.*

Cas. 4. Trahant Sphæræ se mutuo, & vis geminata proportionem priorem servabit. *Q. E. D.*

Cas. 5. Locetur jam corpusculum p intra Sphæram $AEBF$; & quoniam vis plani ef in corpusculum est ut contentum sub plano illo & distantia pg; & vis contraria plani EF ut contentum sub plano illo & distantia pG; erit vis ex utraque composita ut differentia contentorum, hoc est, ut summa æqualium planorum ducta in semissem differentiæ distantiarum, id est, ut summa illa ducta in pS distantiam corpusculi a centro Sphæræ. Et simili argumento, attractio planorum omnium EF, ef in Sphæra tota, hoc est, attractio Sphæræ totius, est ut summa planorum omnium, seu Sphæra tota, ducta in pS distantiam corpusculi a centro Sphæræ. *Q. E. D.*

Cas. 6. Et si ex corpusculis innumeris p componatur Sphæra nova, intra Sphæram priorem $AEBF$ sita; probabitur ut prius quod attractio, sive simplex Sphæræ unius in alteram, sive mutua utriusque in se invicem, erit ut distantia centrorum pS. *Q. E. D.*

PRO-

PROPOSITIO LXXVIII. THEOREMA XXXVIII.

Si Sphæræ in progressu a centro ad circumferentiam sint utcunque dissimilares & inæquabiles, in progressu vero per circuitum ad datam omnem a centro distantiam sint undique similares; & vis attractiva puncti cujusque sit ut distantia corporis attracti: dico quod vis tota qua hujusmodi Sphæræ duæ se mutuo trahunt sit proportionalis distantiæ inter centra Sphærarum.

Demonstratur ex Propositione præcedente, eodem modo quo Propositio LXXVI ex Propositione LXXV demonstrata fuit.

Corol. Quæ superius in Propositionibus X & LXIV de motu corporum circa centra Conicarum Sectionum demonstrata sunt, valent ubi attractiones omnes fiunt vi Corporum Sphæricorum conditionis jam descriptæ, suntque corpora attracta Sphæræ conditionis ejusdem.

Scholium.

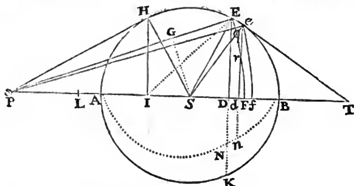
Attractionum Casus duos insigniores jam dedi expositos; nimirum ubi Vires centripetæ decrescunt in duplicata distantiarum ratione, vel crescunt in distantiarum ratione simplici; efficientes in utroque Casu ut corpora gyrentur in Conicis Sectionibus, & componentes corporum Sphæricorum Vires centripetas eadem Lege, in recessu a centro, decrescentes vel crescentes cum seipsis: Quod est notatu dignum. Casus cæteros, qui conclusiones minus elegantes exhibent, sigillatim percurrere longum esset. Malim cunctos methodo generali simul comprehendere ac determinare, ut sequitur.

LEMMA XXIX.

Si describantur centro S *circulus quilibet* AEB, *& centro* P *circuli duo* EF, ef, *secantes priorem in* E, e, *lineamque* PS *in* F, f; *& ad* PS *demittantur perpendicula* ED, ed: *dico quod, si distantia arcuum* EF, ef *in infinitum minui intelligatur, ratio ultima lineæ evanescentis* Dd *ad lineam evanescentem* Ff *ea sit, quæ lineæ* PE *ad lineam* PS.

Nam

Nam si linea Pe secet arcum EF in q; & recta Ee, quæ cum arcu evanescente Ee coincidit, producta occurrat rectæ PS in T; & ab S demittatur in PE normalis SG: ob similia triangula DTE, dTe, DES; erit Dd ad Ee, ut DT ad TE, seu DE ad



ES; & ob triangula Eeq, ESG (per Lem. VIII, & Corol. 3. Lem. VII) similia, erit Ee ad eq seu Ff, ut ES ad SG; & ex æquo, Dd ad Ff ut DE ad SG; hoc est (ob similia triangula PDE, PGS) ut PE ad PS. *Q. E. D.*

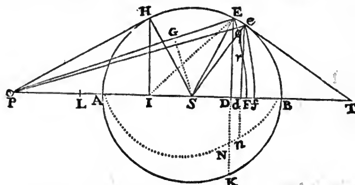
PROPOSITIO LXXIX. THEOREMA XXXIX.

Si superficies ob latitudinem infinite diminutam jamjam evanescens EFfe, *convolutione sui circa axem* PS, *describat solidum Sphæricum concavo-convexum, ad cujus particulas singulas æquales tendant æquales vires centripetæ: dico quod Vis, qua solidum illud trahit corpusculum situm in* P, *est in ratione composita ex ratione solidi* DEq × Ff *& ratione vis qua particula data in loco* Ff *traheret idem corpusculum.*

Nam si primo consideremus vim superficiei Sphæricæ FE, quæ convolutione arcus FE generatur, & a linea de ubivis secatur in r; erit superficiei pars annularis, convolutione arcus rE genita, ut lineola Dd, manente Sphæræ radio PE, (uti demonstravit *Archimedes* in Lib. de *Sphæra* & *Cylindro*.) Et hujus vis secundum lineas PE vel Pr undique in superficie conica sitas exercita, ut hæc ipsa superficiei pars annularis; hoc est, ut lineola Dd vel, quod perinde est, ut rectangulum sub dato Sphæræ radio PE & lineola

De Motu Corporum

lineola illa $\mathcal{D}d$: at secundum lineam PS ad centrum S tendentem minor, in ratione PD ad PE, adeoque ut $PD \times Dd$. Dividi jam intelligatur linea DF in particulas innumeras æquales, quæ singulæ nominentur Dd; & superficies FE dividetur in totidem æquales annulos, quorum vires erunt ut summa omnium $PD \times Dd$, hoc est, ut $\frac{1}{2} PFq - \frac{1}{2} PDq$, adeoque ut DE *quad.* Ducatur



jam superficies FE in altitudinem Ff; & fiet solidi $EFfe$ vis exercita in corpusculum P ut $DEq \times Ff$: puta si detur vis quam particula aliqua data Ff in distantia PF exercet in corpusculum P. At si vis illa non detur, fiet vis solidi $EFfe$ ut solidum $DEq \times Ff$ & vis illa non data conjunctim. *Q. E. D.*

PROPOSITIO LXXX. THEOREMA XL.

Si ad Sphæræ alicujus ABE, *centro* S *descriptæ, particulas singulas æquales tendant æquales vires centripetæ, & ad Sphæræ axem* AB, *in quo corpusculum aliquod* P *locatur, erigantur de punctis singulis* D *perpendicula* DE, *Sphæræ occurrentia in* E, *& in ipsis capiantur longitudines* DN, *quæ sint ut quantitas* $\frac{DEq \times PS}{PE}$ *& vis quam Sphæræ particula sita in axe ad distantiam* PE *exercet in corpusculum* P *conjunctim: dico quod Vis tota, qua corpusculum* P *trahitur versus Sphæram, est ut area comprehensa sub axe Sphæræ* AB *& linea curva* ANB, *quam punctum* N *perpetuo tangit.*

Etenim

Etenim ſtantibus quæ in Lemmate & Theoremate noviſſimo conſtructa ſunt, concipe axem Sphæræ AB dividi in particulas innumeras æquales Dd, & Sphæram totam dividi in totidem laminas Sphæricas concavo-convexas $EFfe$; & erigatur perpendiculum dn. Per Theorema ſuperius, vis qua lamina $EFfe$ trahit corpuſculum P eſt ut $DEq \times Ff$ & vis particulæ unius ad diſtantiam PE vel PF exercita conjunctim. Eſt autem per Lemma noviſſimum, Dd ad Ff ut PE ad PS, & inde Ff æqualis $\frac{PS \times Dd}{PE}$; & $DEq \times Ff$ æquale Dd in $\frac{DEq \times PS}{PE}$, & propterea vis laminæ $EFfe$ eſt ut Dd in $\frac{DEq \times PS}{PE}$ & vis particulæ ad diſtantiam PF exercita conjunctim, hoc eſt (ex Hypotheſi) ut $DN \times Dd$, ſeu area evaneſcens $DNnd$. Sunt igitur laminarum omnium vires in corpus P exercitæ, ut areæ omnes $DNnd$, hoc eſt, Sphæræ vis tota ut area tota $ABNA$. *Q.E.D.*

Corol. 1. Hinc ſi vis centripeta, ad particulas ſingulas tendens, eadem ſemper maneat in omnibus diſtantiis, & fiat DN ut $\frac{DEq \times PS}{PE}$: erit vis tota qua corpuſculum a Sphæra attrahitur, ut area $ABNA$.

Corol. 2. Si particularum vis centripeta ſit reciproce ut diſtantia corpuſculi a ſe attracti, & fiat DN ut $\frac{DEq \times PS}{PEq}$: erit vis qua corpuſculum P a Sphæra tota attrahitur ut area $ABNA$.

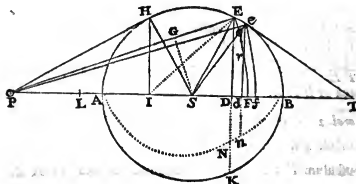
Corol. 3. Si particularum vis centripeta ſit reciproce ut cubus diſtantiæ corpuſculi a ſe attracti, & fiat DN ut $\frac{DEq \times PS}{PEqq}$: erit vis qua corpuſculum a tota Sphæra attrahitur ut area $ABNA$.

Corol. 4. Et univerſaliter ſi vis centripeta ad ſingulas Sphæræ particulas tendens ponatur eſſe reciproce ut quantitas V, fiat autem DN ut $\frac{DEq \times PS}{PE \times V}$; erit vis qua corpuſculum a Sphæra tota attrahitur ut area $ABNA$.

PROPOSITIO LXXXI. PROBLEMA XLI.

Stantibus jam positis, mensuranda est Area ABNA.

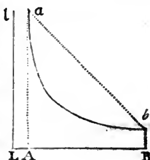
A puncto P ducatur recta PH Sphæram tangens in H, & ad axem PAB demissa normali HI, bisecetur PI in L; & erit (per Prop. 12, Lib. 2. Elem.) PEq æquale $PSq + SEq + 2PSD$. Est autem SEq seu SHq (ob similitudinem triangulorum SPH, SHI) æquale rectangulo PSI. Ergo PEq æquale est contento sub PS & $PS + SI + 2SD$, hoc est, sub PS & $2LS + 2SD$, id est, sub PS & $2LD$. Porro DE *quad* æquale est $SEq - SDq$, seu $SEq - LSq + 2SLD - LDq$, id est, $2SLD - LDq - ALB$. Nam $LSq - SEq$ seu $LSq - SAq$



(per Prop. 6, Lib. 2. Elem.) æquatur rectangulo ALB. Scribatur itaque $2SLD - LDq - ALB$ pro DEq; & quantitas $\frac{DEq \times PS}{PE \times V}$, quæ secundum Corollarium quartum Propositionis præcedentis est ut longitudo ordinatim applicatæ DN, resolvet sese in tres partes $\frac{2SLD \times PS}{PE \times V} - \frac{LDq \times PS}{PE \times V} - \frac{ALB \times PS}{PE \times V}$: ubi si pro V scribatur ratio inversa vis centripetæ, & pro PE medium proportionale inter PS & $2LD$; tres illæ partes evadent ordinatim applicatæ linearum totidem curvarum, quarum areæ per Methodos vulgatas innotescunt. *Q. E. F.*

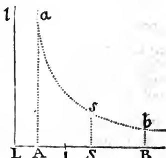
Ex-

Exempl. 1. Si vis centripeta ad ſingulas Sphæræ particulas tendens ſit reciproce ut diſtantia; pro V ſcribe diſtantiam PE; dein $2PS \times LD$ pro PEq, & fiet DN ut $SL - \frac{1}{2}LD - \frac{ALB}{2LD}$. Pone DN æqualem duplo ejus $2SL - LD - \frac{ALB}{LD}$: & ordinatæ pars data $2SL$ ducta in longitudinem AB deſcribet aream rectangulam $2SL \times AB$; & pars indefinita LD ducta normaliter in eandem longitudinem per motum continuum, ea lege ut inter movendum creſcendo vel decreſcendo æquetur ſemper longitudini LD, deſcribet aream $\frac{LBq - LAq}{2}$, id eſt, aream $SL \times AB$; quæ ſubducta de area priore $2SL \times AB$ relinquit aream $SL \times AB$. Pars autem tertia $\frac{ALB}{LD}$ ducta itidem per motum localem normaliter in eandem longitudinem, deſcribet aream Hyperbolicam; quæ ſubducta de area $SL \times AB$ relinquet aream quæſitam $ABNA$. Unde talis emergit Problematis conſtructio. Ad puncta L, A, B erige perpendicula Ll, Aa, Bb, quorum Aa ipſi LB, & Bb ipſi LA æquetur. Aſymptotis Ll, LB, per puncta a, b deſcribatur Hyperbola ab. Et acta chorda ba claudet aream aba areæ quæſitæ $ABNA$ æqualem.



Exempl. 2. Si vis centripeta ad ſingulas Sphæræ particulas tendens ſit reciproce ut cubus diſtantiæ, vel (quod perinde eſt) ut cubus ille applicatus ad planum quodvis datum; ſcribe $\frac{PE\,cub}{2ASq}$ pro V, dein $2PS \times LD$ pro PEq; & fiet DN ut $\frac{SL \times ASq}{PS \times LD} - \frac{ASq}{2PS} - \frac{ALB \times ASq}{2PS \times LDq}$, id eſt (ob continue proportionales PS, AS, SI) ut $\frac{LSI}{LD} - \frac{1}{2}SI - \frac{ALB \times SI}{2LDq}$. Si ducantur hujus partes tres in longitudinem AB, prima $\frac{LSI}{LD}$ generabit aream Hyperbolicam;

bolicam; secunda $\frac{1}{2} SI$ aream $\frac{1}{2} AB \times SI$; tertia $\frac{ALB \times SI}{2 LDq}$ aream $\frac{ALB \times SI}{2 LA} - \frac{ALB \times SI}{2 LB}$, id est $\frac{1}{2} AB \times SI$. De prima subducatur summa secundæ & tertiæ, & manebit area quæsita $ABNA$. Unde talis emergit Problematis constructio. Ad puncta L, A, S, B erige perpendicula Ll, Aa, Ss, Bb, quorum Ss ipsi SI æquetur, perque punctum s Asymptotis Ll, LB describatur Hyperbola asb occurrens perpendiculis Aa, Bb in a & b; & rectangulum $2 ASI$ subductum de area Hyperbolica $AasbB$ relinquet aream quæsitam $ABNA$.



Exempl. 3. Si Vis centripeta, ad singulas Sphæræ particulas tendens, decrescit in quadruplicata ratione distantiæ a particulis; scribe $\frac{PEqq}{2 AScub}$ pro V, dein $\sqrt{2 PS \times LD}$ pro PE, & fiet DN ut

$$\frac{SIq \times SL}{\sqrt{2 SI}} \times \frac{1}{\sqrt{LDc}}, - \frac{SIq}{2\sqrt{2 SI}} \times \frac{1}{\sqrt{LD}}, - \frac{SIq \times ALB}{2\sqrt{2 SI}} \times \frac{1}{\sqrt{LDqc}}.$$

Cujus tres partes ductæ in longitudinem AB, producunt areas totidem, *viz.* $\frac{2 SIq \times SL}{\sqrt{2 SI}}$ in $\frac{1}{\sqrt{LA}} - \frac{1}{\sqrt{LB}}$; $\frac{SIq}{\sqrt{2 SI}}$ in $\sqrt{LB} - \sqrt{LA}$; & $\frac{SIq \times ALB}{3\sqrt{2 SI}}$ in $\frac{1}{\sqrt{LAcub}} - \frac{1}{\sqrt{LBcub}}$. Et hæ post debitam reductionem fiunt $\frac{2 SIq \times SL}{LI}$, SIq, & $SIq + \frac{2 SIcub}{3 LI}$. Hæ vero, subductis posterioribus de priore, evadunt $\frac{4 SIcub}{3 LI}$. Igitur vis tota, qua corpusculum P in Sphæræ centrum trahitur, est ut $\frac{SIcub}{PI}$, id est, reciproce ut $PS cub \times PI$. *Q. E. I.*

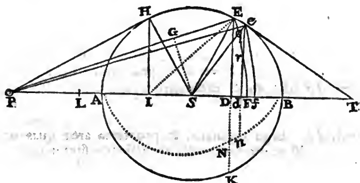
Eadem Methodo determinari potest Attractio corpusculi siti intra Sphæram, sed expeditius per Theorema sequens.

PRO-

PROPOSITIO LXXXII. THEOREMA XLI.

In Sphæra centro S *intervallo* S A *descripta, si capiantur* S I, S A, S P *continue proportionales: dico quod corpusculi intra Sphæram in loco quovis* I *attractio est ad attractionem ipsius extra Sphæram in loco* P, *in ratione composita ex subduplicata ratione distantiarum a centro* I S, P S *&* *subduplicata ratione virium centripetarum, in locis illis* P *&* I, *ad centrum tendentium.*

Ut si vires centripetæ particularum Sphæræ sint reciproce ut distantiæ corpusculi a se attracti; vis, qua corpusculum situm in *I* trahitur a Sphæra tota, erit ad vim qua trahitur in *P*, in ratione



composita ex subduplicata ratione distantiæ *SI* ad distantiam *SP* & ratione subduplicata vis centripetæ in loco *I*, a particula aliqua in centro oriundæ, ad vim centripetam in loco *P* ab eadem in centro particula oriundam, id est, ratione subduplicata distantiarum *SI*, *SP* ad invicem reciproce. Hæ duæ rationes subduplicatæ componunt rationem æqualitatis, & propterea attractiones in *I* & *P* a Sphæra tota factæ æquantur. Simili computo, si vires particularum Sphæræ sunt reciproce in duplicata ratione distantiarum, colligetur quod attractio in *I* sit ad attractionem in *P*, ut distantia *SP* ad Sphæræ semidiametrum *SA*: Si vires illæ sunt reciproce in triplicata ratione distantiarum, attractiones in *I* & *P* erunt ad invicem

cem ut *SP quad* ad *SA quad:* Si in quadruplicata, ut *SP cub* ad *SA cub*. Unde cum attractio in *P*, in hoc ultimo casu, inventa fuit reciproce ut $PS\,cub \times PI$, attractio in *I* erit reciproce ut $SA\,cub \times PI$, id est (ob datum *SA cub*) reciproce ut *PI*. Et similis est progressus in infinitum. Theorema vero sic demonstratur.

Stantibus jam ante constructis, & existente corpore in loco quovis *P*, ordinatim applicata *DN* inventa fuit ut $\frac{DEq \times PS}{PE \times V}$. Ergo si agatur *IE*, ordinata illa ad alium quemvis locum *I*, mutatis mutandis, evadet ut $\frac{DEq \times IS}{IE \times V}$. Pone vires centripetas, e Sphæræ puncto quovis *E* manantes, esse ad invicem in distantiis *IE*, *PE*, ut PE^n ad IE^n, (ubi numerus *n* designet indicem potestatum *PE* & *IE*) & ordinatæ illæ fient ut $\frac{DEq \times PS}{PE \times PE^n}$ & $\frac{DEq \times IS}{IE \times IE^n}$, quarum ratio ad invicem est ut $PS \times IE \times IE^n$ ad $IS \times PE \times PE^n$. Quoniam ob similia triangula *SPE*, *SEI*, fit *IE* ad *PE* ut *IS* ad *SE* vel *SA*; pro ratione *IE* ad *PE* scribe rationem *IS* ad *SA*; & ordinatarum ratio evadet $PS \times IE^n$ ad $SA \times PE^n$. Sed *PS* ad *SA* subduplicata est ratio distantiarum *PS*, *SI*; & IE^n ad PE^n subduplicata est ratio virium in distantiis *PS*, *IS*. Ergo ordinatæ, & propterea areæ quas ordinatæ describunt, hisque proportionales attractiones, sunt in ratione composita ex subduplicatis illis rationibus. *Q. E. D.*

PROPOSITIO LXXXIII. PROBLEMA XLII.

Invenire vim qua corpusculum in centro Sphæræ locatum ad ejus Segmentum quodcunque attrahitur.

Sit *P* corpus in centro Sphæræ, & *RBSD* Segmentum ejus plano *RDS* & superficie Sphærica *RBS* contentum. Superficie Sphærica *EFG* centro *P* descripta secetur *DB* in *F*, ac distinguatur Segmentum in partes *BREFGS*, *FEDG*. Sit autem superficies illa non pure Mathematica, sed Physica, profunditatem habens quam minimam. Nominetur ista profunditas O,

tas O, & erit hæc ſuperficies (per demonſtrata *Archimedis*) ut $PF \times DF \times O$. Ponamus præterea vires attractivas particularum Sphæræ eſſe reciproce ut diſtantiarum dignitas illa cujus Index eſt n; & vis qua ſuperficies FE trahit corpus P erit ut $\frac{DF \times O}{PF^{n-1}}$. Huic proportionale ſit perpendiculum FN ductum in O; & area curvilinea $BDLIB$, quam ordinatim applicata FN in longitudinem DB per motum continuum ducta deſcribit, erit ut vis tota qua Segmentum totum $RBSD$ trahit corpus P. *Q. E. I.*

R E D F B P G L S N I

PROPOSITIO LXXXIV. PROBLEMA XLIII.

Invenire vim qua corpuſculum, extra centrum Sphæræ in axe Segmenti cujuſvis locatum, attrahitur ab eodem Segmento.

A Segmento EBK trahatur corpus P (Vide Fig. Prop. LXXIX, LXXX, LXXXI) in ejus axe ADB locatum. Centro P intervallo PE deſcribatur ſuperficies Sphærica EFK, qua diſtinguatur Segmentum in partes duas $EBKF$ & $EFKD$. Quæratur vis partis prioris per Prop. LXXXI, & vis partis poſterioris per Prop. LXXXIII; & ſumma virium erit vis Segmenti totius $EBKD$. *Q. E. I.*

Scholium.

Explicatis attractionibus corporum Sphæricorum, jam pergere liceret ad Leges attractionum aliorum quorundam ex particulis attractivis ſimiliter conſtantium corporum; ſed iſta particulatim tractare minus ad inſtitutum ſpectat. Suffecerit Propoſitiones quaſdam generaliores de viribus hujuſmodi corporum, deque motibus inde oriundis, ob earum in rebus Philoſophicis aliqualem uſum, ſubjungere.

SECTIO

SECTIO XIII.

De Corporum non Sphæricorum viribus attractivis.

PROPOSITIO LXXXV. THEOREMA XLII.

Si corporis attracti, ubi attrahenti contiguum est, attractio longe fortior sit, quam cum vel minimo intervallo separantur ab invicem: vires particularum trahentis, in recessu corporis attracti, decrescunt in ratione plusquam duplicata distantiarum a particulis.

Nam si vires decrescunt in ratione duplicata distantiarum a particulis; attractio versus corpus Sphæricum, propterea quod (per Prop. LXXIV) sit reciproce ut quadratum distantiæ attracti corporis a centro Sphæræ, haud sensibiliter augebitur ex contactu; atque adhuc minus augebitur ex contactu, si attractio in recessu corporis attracti decrescat in ratione minore. Patet igitur Propositio de Sphæris attractivis. Et par est ratio Orbium Sphæricorum concavorum corpora externa trahentium. Et multo magis res constat in Orbibus corpora interius constituta trahentibus, cum attractiones passim per Orbium cavitates ab attractionibus contrariis (per Prop. LXX) tollantur, ideoque vel in ipso contactu nullæ sunt. Quod si Sphæris hisce Orbibusque Sphæricis partes quælibet a loco contactus remotæ auferantur, & partes novæ ubivis addantur: mutari possunt figuræ horum corporum attractivorum pro lubitu, nec tamen partes additæ vel subductæ, cum sint a loco contactus remotæ, augebunt notabiliter attractionis excessum qui ex contactu oritur. Constat igitur Propositio de corporibus Figurarum omnium. *Q. E. D.*

PRO-

PROPOSITIO LXXXVI. THEOREMA XLIII.

Si particularum, ex quibus corpus attractivum componitur, vires in recessu corporis attracti decrescunt in triplicata vel plusquam triplicata ratione distantiarum a particulis: attractio longe fortior erit in contactu, quam cum attrahens & attractum intervallo vel minimo separantur ab invicem.

Nam attractionem in accessu attracti corpusculi ad hujusmodi Sphæram trahentem augeri in infinitum, constat per solutionem Problematis XLI, in Exemplo secundo ac tertio exhibitam. Idem, per Exempla illa & Theorema XLI inter se collata, facile colligitur de attractionibus corporum versus Orbes concavo-convexos, sive corpora attracta collocentur extra Orbes, sive intra in eorum cavitatibus. Sed & addendo vel auferendo his Sphæris & Orbibus ubivis extra locum contactus materiam quamlibet attractivam, eo ut corpora attractiva induant figuram quamvis assignatam, constabit Propositio de corporibus universis. *Q. E. D.*

PROPOSITIO LXXXVII. THEOREMA XLIV.

Si corpora duo sibi invicem similia, & ex materia æqualiter attractiva constantia, seorsim attrahant corpuscula sibi ipsis proportionalia & ad se similiter posita: attractiones acceleratrices corpusculorum in corpora tota erunt ut attractiones acceleratrices corpusculorum in eorum particulas totis proportionales & in totis similiter positas.

Nam si corpora distinguantur in particulas, quæ sint totis proportionales & in totis similiter sitæ; erit, ut attractio in particulam quamlibet unius corporis ad attractionem in particulam correspondentem in corpore altero, ita attractiones in particulas singulas primi corporis ad attractiones in alterius particulas singulas correspondentes; & componendo, ita attractio in totum primum corpus ad attractionem in totum secundum. *Q. E. D.*

Corol. 1. Ergo si vires attractivæ particularum, augendo distantias corpusculorum attractorum, decrescant in ratione dignitatis

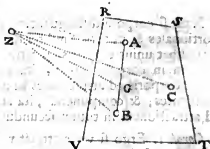
 cujusvis

cujusvis distantiarum: attractiones acceleratrices in corpora tota erunt ut corpora directe & distantiarum dignitates illæ inverse. Ut si vires particularum decrescant in ratione duplicata distantiarum a corpusculis attractis, corpora autem sint ut *A cub.* & *B cub.* adeoque tum corporum latera cubica, tum corpusculorum attractorum distantiæ a corporibus, ut *A* & *B*: attractiones acceleratrices in corpora erunt ut $\frac{A\,cub.}{A\,quad.}$ & $\frac{B\,cub.}{B\,quad.}$ id est, ut corporum latera illa cubica *A* & *B*. Si vires particularum decrescant in ratione triplicata distantiarum a corpusculis attractis; attractiones acceleratrices in corpora tota erunt ut $\frac{A\,cub.}{A\,cub.}$ & $\frac{B\,cub.}{B\,cub.}$, id est, æquales. Si vires decrescant in ratione quadruplicata; attractiones in corpora erunt ut $\frac{A\,cub}{A\,qq.}$ & $\frac{B\,cub.}{B\,qq.}$ id est, reciproce ut latera cubica *A* & *B*. Et sic in cæteris.

Corol. 2. Unde vicissim, ex viribus quibus corpora similia trahunt corpuscula ad se similiter posita, colligi potest ratio decrementi virium particularum attractivarum in recessu corpusculi attracti; si modo decrementum illud sit directe vel inverse in ratione aliqua distantiarum.

PROPOSITIO LXXXVIII. THEOREMA XLV.

Si particularum æqualium Corporis cujuscunque vires attractivæ sint ut distantiæ locorum a particulis: vis corporis totius tendet ad ipsius centrum gravitatis; & eadem erit cum vi Globi ex materia consimili & æquali constantis & centrum habentis in ejus centro gravitatis.



Corporis *RSTV* particulæ *A*, *B* trahant corpusculum aliquod *Z* viribus quæ, si particulæ æquantur inter se, sint ut distantiæ *AZ*, *BZ*; sin particulæ statuantur inæquales, sint ut hæ particulæ in distantias suas *AZ*, *BZ* respective ductæ. Et exponantur hæ vires per contenta illa $A \times AZ$ & $B \times BZ$. Jungatur *AB*, & secetur ea in *G* ut sit *AG* ad *BG* ut particula *B* ad particulam *A*; &

& erit G commune centrum gravitatis particularum A & B. Vis $A \times AZ$ (per Legum Corol. 2.) resolvitur in vires $A \times GZ$ & $A \times AG$ & vis $B \times BZ$ in vires $B \times GZ$ & $B \times BG$. Vires autem $A \times AG$ & $B \times BG$, ob proportionales A ad B & BG ad AG, æquantur; adeoque cum dirigantur in partes contrarias, se mutuo destruunt. Restant vires $A \times GZ$ & $B \times GZ$. Tendunt hæ ab Z versus centrum G, & vim $\overline{A+B} \times GZ$ componunt; hoc est, vim eandem ac si particulæ attractivæ A & B consisterent in eorum communi gravitatis centro G, Globum ibi componentes.

Eodem argumento, si adjungatur particula tertia C, & componatur hujus vis cum vi $\overline{A+B} \times GZ$ tendente ad centrum G; vis inde oriunda tendet ad commune centrum gravitatis Globi illius G & particulæ C; hoc est, ad commune centrum gravitatis trium particularum A, B, C; & eadem erit ac si Globus & particula C consisterent in centro illo communi, Globum majorem ibi componentes. Et sic pergitur in infinitum. Eadem est igitur vis tota particularum omnium corporis cujuscunque $RSTV$ ac si corpus illud, servato gravitatis centro, figuram Globi indueret. *Q. E. D.*

Corol. Hinc motus corporis attracti Z idem erit ac si corpus attrahens $RSTV$ esset Sphæricum: & propterea si corpus illud attrahens vel quiescat, vel progrediatur uniformiter in directum; corpus attractum movebitur in Ellipsi centrum habente in attrahentis centro gravitatis.

PROPOSITIO LXXXIX. THEOREMA XLVI.

Si Corpora sint plura ex particulis æqualibus constantia, quarum vires sunt ut distantiæ locorum a singulis: vis ex omnium viribus composita, qua corpusculum quodcunque trahitur, tendet ad trahentium commune centrum gravitatis, & eadem erit ac si trahentia illa, servato gravitatis centro communi, coirent & in Globum formarentur.

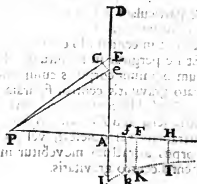
Demonstratur eodem modo, atque Propositio superior.

Corol. Ergo motus corporis attracti idem erit ac si corpora trahentia, servato communi gravitatis centro, coirent & in Globum formarentur. Ideoque si corporum trahentium commune gravitatis centrum vel quiescit, vel progreditur uniformiter in linea recta: corpus attractum movebitur in Ellipsi, centrum habente in communi illo trahentium centro gravitatis.

PROPOSITIO XC. PROBLEMA XLIV.

Si ad singula Circuli cujuscunque puncta tendant vires æquales centripetæ, decrescentes in quacunque distantiarum ratione: invenire vim qua corpusculum attrahitur ubivis positum in recta quæ plano Circuli ad centrum ejus perpendiculariter insistit.

Centro A intervallo quovis AD, in plano cui recta AP perpendicularis est, describi intelligatur Circulus; & invenienda sit vis qua corpusculum quodvis P in eundem attrahitur. A Circuli puncto quovis E ad corpusculum attractum P agatur recta PE: In recta PA capiatur PF ipsi PE æqualis, & erigatur normalis FK, quæ sit ut vis qua punctum E trahit corpusculum P. Sitque IKL curva linea quam punctum K perpetuo tangit. Occurrat eadem Circuli plano in L. In PA capiatur PH æqualis PD, & erigatur perpendiculum HI curvæ prædictæ occurrens in I; & erit corpusculi P attractio in Circulum ut area $AHIL$ ducta in altitudinem AP. Q. E. I.



Etenim in AE capiatur linea quam minima Ee. Jungatur Pe, & in PE, PA capiantur PC, Pf ipsi Pe æquales. Et quoniam vis, qua annuli punctum quodvis E trahit ad se corpus P, ponitur esse ut FK, & inde vis qua punctum illud trahit corpus P versus A est ut $\frac{AP \times FK}{PE}$, & vis qua annulus totus trahit corpus P versus A, ut annulus & $\frac{AP \times FK}{PE}$ conjunctim; annulus autem iste est ut rectangulum sub radio AE & latitudine Ee, & hoc rectangulum (ob proportionales PE & AE, Ee & CE) æquatur rectangulo $PE \times CE$ seu $PE \times Ff$; erit vis qua annulus iste trahit corpus P versus A, ut $PE \times Ff$ & $\frac{AP \times FK}{PE}$ conjunctim, id est, ut contentum $Ff \times FK \times AP$, sive ut area $FKkf$ ducta in AP. Et propterea summa virium, quibus annuli omnes in Circulo, qui centro A & intervallo

tervallo AD describitur, trahunt corpus P versus A, est ut area tota $AHIKL$ ducta in AP. *Q. E. D.*

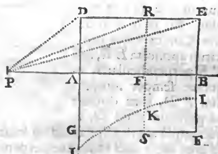
Corol. 1. Hinc si vires punctorum decrescunt in duplicata distantiarum ratione, hoc est, si sit FK ut $\frac{1}{PF\,quad.}$, atque adeo area $AHIKL$ ut $\frac{1}{PA} - \frac{1}{PH}$; erit attractio corpusculi P in Circulum ut $1 - \frac{PA}{PH}$, id est, ut $\frac{AH}{PH}$.

Corol. 2. Et universaliter, si vires punctorum ad distantias D sint reciproce ut distantiarum dignitas quælibet D^n, hoc est, si sit FK ut $\frac{1}{D^n}$, adeoque area $AHIKL$ ut $\frac{1}{PA^{n-1}} - \frac{1}{PH^{n-1}}$; erit attractio corpusculi P in Circulum ut $\frac{1}{PA^{n-2}} - \frac{PA}{PH^{n-1}}$.

Corol 3. Et si diameter Circuli augeatur in infinitum, & numerus n sit unitate major; attractio corpusculi P in planum totum infinitum erit reciproce ut PA^{n-2}, propterea quod terminus alter $\frac{PA}{PH^{n-1}}$ evanescet.

PROPOSITIO XCI. PROBLEMA XLV.

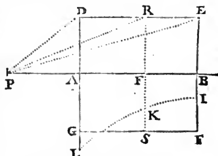
Invenire attractionem corpusculi siti in axe Solidi rotundi, ad cujus puncta singula tendunt vires æquales centripetæ in quacunque distantiarum ratione decrescentes.



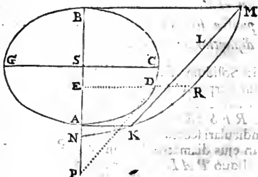
In Solidum $ADEFG$ trahatur corpusculum P, situm in ejus axe AB. Circulo quolibet RFS ad hunc axem perpendiculari secetur hoc Solidum, & in ejus diametro FS, in plano aliquo $PALKB$ per axem transeunte, capiatur (per Prop. XC) longitudo FK vi qua corpusculum P in circulum illum attrahitur proportionalis. Tangat autem punctum K curvam lineam LKI, planis extimorum circulorum AL & BI occurrentem in L & I; & erit attractio corpusculi P in Solidum ut area $LABI$. *Q. E. I.*

Corol.

Corol. 1. Unde si Solidum Cylindrus sit, parallelogrammo $ADEB$ circa axem AB revoluto descriptus, & vires centripetæ in singula ejus puncta tendentes sint reciproce ut quadrata distantiarum a punctis: erit attractio corpusculi P in hunc Cylindrum ut $AB - PE + PD$. Nam ordinatim applicata FK (per Corol. 1. Prop. XC) erit ut $1 - \frac{PF}{PR}$. Hujus pars 1 ducta in longitudinem AB, describit aream $1 \times AB$; & pars altera $\frac{PF}{PR}$ ducta in longitudinem PB, describit aream 1 in $\overline{PE - AD}$ (id quod ex curvæ LIK quadratura facile ostendi potest:) & similiter pars eadem ducta in longitudinem PA describit aream 1 in $\overline{PD - AD}$, ductaque in ipsarum PB, PA differentiam AB describit arearum differentiam 1 in $\overline{PE - PD}$. De contento primo $1 \times AB$ auferatur contentum postremum 1 in $\overline{PE - PD}$, & restabit area $LABI$ æqualis 1 in $\overline{AB - PE + PD}$. Ergo vis, huic areæ proportionalis, est ut $AB - PE + PD$.



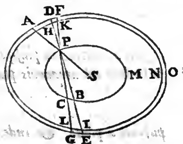
Corol. 2. Hinc etiam vis innotescit qua Sphærois $AGBCD$ attrahit corpus quodvis P, exterius in axe suo AB situm. Sit $NKRM$ Sectio Conica cujus ordinatim applicata ER, ipsi PE perpendicularis, æquetur semper longitudini PD, quæ ducitur ad punctum illud D, in quo applicata ista Sphæroidem secat. A Sphæroidis verticibus A, B ad ejus axem AB erigantur perpendicula AK, BM ipsis AP, BP æqualia respective, & propterea Sectioni Conicæ occurrentia in K & M; & jungatur KM auferens ab eadem segmentum $KMRK$. Sit autem Sphæroidis centrum S & semidiameter maxima SC: & vis



qua

qua Sphærois trahit corpus *P* erit ad vim qua Sphæra, diametro *AB* descripta, trahit idem corpus, ut $\frac{AS \times CSq - PS \times KMRK}{PSq + CSq - ASq}$ ad $\frac{AS\ cub}{3\ PS\ quad}$. Et eodem computandi fundamento invenire licet vires segmentorum Sphæroidis.

Corol. 3. Quod si corpusculum intra Sphæroidem, in data quavis ejusdem diametro, collocetur; attractio erit ut ipsius distantia a centro. Id quod facilius colligetur hoc argumento. Sit *AGOF* Sphærois attrahens, *S* centrum ejus & *P* corpus attractum. Per corpus illud *P* agantur tum semidiameter *SPA*, tum rectæ duæ quævis *DE*, *FG* Sphæroidi hinc inde occurrentes in *D* & *E*, *F* & *G*: Sintque *PCM*, *HLN* superficies Sphæroidum duarum interiorum, exteriori similium & concentricarum, quarum prior transeat per corpus *P* & secet rectas *DE* & *FG* in *B* & *C*, posterior secet easdem rectas in *H*, *I* & *K*, *L*. Habeant autem Sphæroides omnes axem communem, & erunt rectarum partes hinc inde interceptæ *DP* & *BE*, *FP* & *CG*, *DH* & *IE*, *FK* & *LG* sibi mutuo æquales; propterea quod rectæ *DE*, *PB* & *HI* bisecantur in eodem puncto, ut & rectæ *FG*, *PC* & *KL*. Concipe jam *DPF*, *EPG* designare Conos oppositos, angulis verticalibus *DPF*, *EPG* infinite parvis descriptos, & lineas etiam



DH, *EI* infinite parvas esse; & Conorum particulæ Sphæroidum superficiebus abscissæ *DHKF*, *GLIE*, ob æqualitatem linearum *DH*, *EI*, erunt ad invicem ut quadrata distantiarum suarum a corpusculo *P*, & propterea corpusculum illud æqualiter trahent. Et pari ratione, si superficiebus Sphæroidum innumerarum similium concentricarum & axem communem habentium dividantur spatia *DPF*, *EGCB* in particulas, hæ omnes utrinque æqualiter trahent corpus *P* in partes contrarias. Æquales igitur sunt vires Coni *DPF* & segmenti Conici *EGCB*, & per contrarietatem se mutuo destruunt. Et par est ratio virium materiæ omnis extra Sphæroidem intimam *PCBM*. Trahitur igitur corpus *P* a sola Sphæroide intima *PCBM*, & propterea (per Corol. 3. Prop. LXXII) attractio ejus est ad vim, qua corpus *A* trahitur a Sphæroide tota *AGOD*, ut distantia *PS* ad distantiam *AS*. *Q. E. D.*

PRO-

PROPOSITIO XCII. PROBLEMA XLVI.

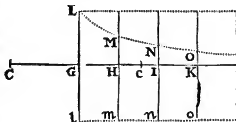
Dato Corpore attractivo, invenire rationem decrementi virium centripetarum in ejus puncta singula tendentium.

E Corpore dato formanda est Sphæra vel Cylindrus aliave figura regularis, cujus lex attractionis, cuivis decrementi rationi congruens (per Prop. LXXX, LXXXI, & XCI) inveniri potest. Dein factis experimentis invenienda est vis attractionis in diversis distantiis, & lex attractionis in totum inde patefacta dabit rationem decrementi virium partium singularum, quam invenire oportuit.

PROPOSITIO XCIII. THEOREMA XLVII.

Si Solidum ex una parte planum, ex reliquis autem partibus infinitum, constet ex particulis æqualibus æqualiter attractivis, quarum vires in recessu a Solido decrescunt in ratione potestatis cujusvis distantiarum plusquam quadraticæ, & vi Solidi totius corpusculum ad utramvis plani partem constitutum trahatur: dico quod Solidi vis illa attractiva, in recessu ab ejus superficie plana, decrescet in ratione potestatis, cujus latus est distantia corpusculi a plano, & Index ternario minor quam Index potestatis distantiarum.

Cas. 1. Sit LGl planum quo Solidum terminatur. Jaceat Solidum autem ex parte plani hujus versus I, inque plana innumera mHM, nIN, &c. ipsi GL parallela resolvatur. Et primo collocetur corpus attractum C extra Solidum. Agatur autem $CGHI$ planis illis innumeris perpendicularis, & decrescant vires attractivæ punctorum Solidi in ratione potestatis distantiarum, cujus index sit numerus n ternario non minor. Ergo (per Corol. 3. Prop. XC) vis



vis qua planum quodvis *mHM* trahit punctum *C* est reciproce ut CH^{n-2}. In plano *mHM* capiatur longitudo *HM* ipsi CH^{n-2} reciproce proportionalis, & erit vis illa ut *HM*. Similiter in planis singulis *lGL*, *nIN*, *oKO*, &c. capiantur longitudines *GL*, *IN*, *KO*, &c. ipsis CG^{n-2}, CI^{n-2}, CK^{n-2}, &c. reciproce proportionales; & vires planorum eorundem erunt ut longitudines captæ, adeoque summa virium ut summa longitudinum, hoc est, vis Solidi totius ut area *GLOK* in infinitum versus *OK* producta. Sed area illa (per notas quadraturarum methodos) est reciproce ut CG^{n-3}, & propterea vis Solidi totius est reciproce ut CG^{n-3}. *Q. E. D.*

Cas. 2. Collocetur jam corpusculum *C* ex parte plani *lGL* intra Solidum, & capiatur distantia *CK* æqualis distantiæ *CG*. Et Solidi pars *LGloKO*, planis parallelis *lGL*, *oKO* terminata, corpusculum *C* in medio situm nullam in partem trahet, contrariis oppositorum punctorum actionibus se mutuo per æqualitatem tollentibus. Proinde corpusculum *C* sola vi Solidi ultra planum *OK* siti trahitur. Hæc autem vis (per Casum primum) est reciproce ut CK^{n-3}, hoc est (ob æquales *CG*, *CK*) reciproce ut CG^{n-3}. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc si Solidum *LGIN* planis duobus infinitis parallelis *LG*, *IN* utrinque terminetur; innotescit ejus vis attractiva, subducendo de vi attractiva Solidi totius infiniti *LGKO* vim attractivam partis ulterioris *NICO*, in infinitum versus *KO* productæ.

Corol. 2. Si Solidi hujus infiniti pars ulterior, quando attractio ejus collata cum attractione partis citerioris nullius pene est momenti, rejiciatur: attractio partis illius citerioris augendo distantiam decrescet quam proxime in ratione potestatis CG^{n-3}.

Corol. 3. Et hinc si corpus quodvis finitum & ex una parte planum trahat corpusculum e regione medii illius plani, & distantia inter corpusculum & planum collata cum dimensionibus corporis attrahentis perexigua sit, constet autem corpus attrahens ex particulis homogeneis, quarum vires attractivæ decrescunt in ratione potestatis cujusvis plusquam quadruplicatæ distantiarum; vis attractiva corporis totius decrescet quamproxime in ratione potestatis, cujus latus sit distantia illa perexigua, & Index ternario minor quam Index potestatis prioris. De corpore ex particulis constante, quarum vires attractivæ decrescunt in ratione potestatis triplicatæ distantiarum, assertio non valet; propterea quod, in hoc casu, attractio partis illius ulterioris corporis infiniti in Corollario secundo, semper est infinite major quam attractio partis citerioris.

Scholium.

Si corpus aliquod perpendiculariter versus planum datum trahatur, & ex data lege attractionis quæratur motus corporis: Solvetur Problema quærendo (per Prop. XXXIX) motum corporis recta descendentis ad hoc planum, & (per Legum Corol. 2.) componendo motum istum cum uniformi motu, secundum lineas eidem plano parallelas facto. Et contra, si quæratur Lex attractionis in planum secundum lineas perpendiculares factæ, ea conditione ut corpus attractum in data quacunque curva linea moveatur, solvetur Problema operando ad exemplum Problematis tertii.

Operationes autem contrahi solent resolvendo ordinatim applicatas in Series convergentes. Ut si ad basem A in angulo quovis dato ordinatim applicetur longitudo B, quæ sit ut basis dignitas quælibet $A^{\frac{m}{n}}$; & quæratur vis qua corpus, secundum positionem ordinatim applicatæ, vel in basem attractum vel a basi fugatum, moveri possit in curva linea quam ordinatim applicata termino suo superiore semper attingit: Suppono basem augeri parte quam minima O, & ordinatim applicatam $\overline{A+O}^{\frac{m}{n}}$ resolvo in Seriem infinitam $A^{\frac{m}{n}} + \frac{m}{n} O A^{\frac{m-n}{n}} + \frac{mm-mn}{2nn} OO A^{\frac{m-2n}{n}}$ &c. atque hujus termino in quo O duarum est dimensionum, id est, termino $\frac{mm-mn}{2nn} OO A^{\frac{m-2n}{n}}$ vim proportionalem esse suppono. Est igitur vis quæsita ut $\frac{mm-mn}{nn} A^{\frac{m-2n}{n}}$, vel quod perinde est, ut $\frac{mm-mn}{nn} B^{\frac{m-2n}{m}}$. Ut si ordinatim applicata Parabolam attingat, existente $m=2$, & $n=1$: fiet vis ut data $2B^{0}$, adeoque dabitur. Data igitur vi corpus movebitur in Parabola, quemadmodum *Galilæus* demonstravit. Quod si ordinatim applicata Hyperbolam attingat, existente $m=0-1$, & $n=1$; fiet vis ut $2A^{-3}$ seu $2B^{3}$: adeoque vi, quæ sit ut cubus ordinatim applicatæ, corpus movebitur in Hyperbola. Sed missis hujusmodi Propositionibus, pergo ad alias quasdam de Motu, quas nondum attigi.

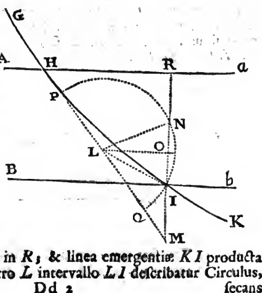
SECTIO

SECTIO XIV.

De Motu corporum minimorum, quæ Viribus centripetis ad singulas magni alicujus corporis partes tendentibus agitantur.

PROPOSITIO XCIV. THEOREMA XLVIII.

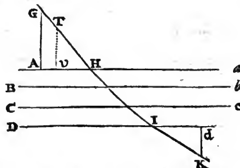
Si Media duo similaria, spatio planis parallelis utrinque terminato, distinguantur ab invicem, & corpus in transitu per hoc spatium attrahatur vel impellatur perpendiculariter versus Medium alterutrum, neque ulla alia vi agitetur vel impediatur: Sit autem attractio, in æqualibus ab utroque plano distantiis ad eandem ipsius partem captis, ubique eadem: dico quod sinus incidentiæ in planum alterutrum erit ad sinum emergentiæ ex plano altero in ratione data.



Cas. 1. Sunto *A a*, *B b* plana duo parallela. Incidat corpus in planum prius *A a* secundum lineam *G H*, ac toto suo per spatium intermedium transitu attrahatur vel impellatur versus Medium incidentiæ, eaque actione describat lineam curvam *H I*, & emergat secundum lineam *I K*. Ad planum emergentiæ *B b* erigatur perpendiculum *I M*, occurrens tum lineæ incidentiæ *G H* productæ in *M*, tum plano incidentiæ *A a* in *R*; & linea emergentiæ *K I* producta occurrat *H M* in *L*. Centro *L* intervallo *L I* describatur Circulus,

 secans

ſecans tam HM in P & Q, quam MI productam in N; & primo ſi attractio vel impulſus ponatur uniformis, erit (ex demonſtratis *Galilæi*) curva HI Parabola, cujus hæc eſt proprietas, ut rectangulum ſub dato latere recto & linea IM æquale ſit HM quadrato; ſed & linea HM biſecabitur in L. Unde ſi ad MI demittatur perpendiculum LO, æquales erunt MO, OR; & additis æqualibus ON, OI, fient totæ æquales MN, IR. Proinde cum IR detur, datur etiam MN; eſtque rectangulum NMI ad rectangulum ſub latere recto & IM, hoc eſt, ad HMq, in data ratione. Sed rectangulum NMI æquale eſt rectangulo PMQ, id eſt, differentiæ quadratorum MLq, & PLq ſeu LIq; & HMq datam rationem habet ad ſui ipſius quartam partem MLq: ergo datur ratio $MLq - LIq$ ad MLq, & diviſim, ratio LIq ad MLq, & ratio dimidiata LI ad ML. Sed in omni triangulo LMI, ſinus angulorum ſunt proportionales lateribus oppoſitis. Ergo datur ratio ſinus anguli incidentiæ LMR ad ſinum anguli emergentiæ LIR. *Q.E.D.*



Cas. 2. Tranſeat jam corpus ſucceſſive per ſpatia plura parallelis planis terminata, $AabB$, $BbcC$, &c. & agitetur vi quæ ſit in ſingulis

ſingulis ſeparatim uniformis, at in diverſis diverſa; & per jam demonſtrata, ſinus incidentiæ in planum primum *Aa* erit ad ſinum emergentiæ ex plano ſecundo *Bb*, in data ratione; & hic ſinus, qui eſt ſinus incidentiæ in planum ſecundum *Bb*, erit ad ſinum emergentiæ ex plano tertio *Cc*, in data ratione; & hic ſinus ad ſinum emergentiæ ex plano quarto *Dd*, in data ratione; & ſic in infinitum: & ex æquo, ſinus incidentiæ in planum primum ad ſinum emergentiæ ex plano ultimo in data ratione. Minuantur jam planorum intervalla & augeatur numerus in infinitum, eo ut attractionis vel impulſus actio, ſecundum legem quamcunque aſſignatam, continua reddatur; & ratio ſinus incidentiæ in planum primum ad ſinum emergentiæ ex plano ultimo, ſemper data exiſtens, etiamnum dabitur. *Q. E. D.*

PROPOSITIO XCV. THEOREMA XLIX.

Iiſdem poſitis; dico quod velocitas corporis ante incidentiam eſt ad ejus velocitatem poſt emergentiam, ut ſinus emergentiæ ad ſinum incidentiæ.

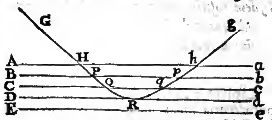
Capiantur *AH*, *Id* æquales, & erigantur perpendicula *AG*, *dK* occurrentia lineis incidentiæ & emergentiæ *GH*, *IK*, in *G* & *K*. In *GH* capiatur *TH* æqualis *IK*, & ad planum *Aa* demittatur normaliter *Tv*. Et (per Legum Corol. 2) diſtinguatur motus corporis in duos, unum planis *Aa*, *Bb*, *Cc*, &c. perpendicularem, alterum iiſdem parallelum. Vis attractionis vel impulſus, agendo ſecundum lineas perpendiculares, nil mutat motum ſecundum parallelas, & propterea corpus hoc motu conficiet æqualibus temporibus æqualia illa ſecundum parallelas intervalla, quæ ſunt inter lineam *AG* & punctum *H*, interque punctum *I* & lineam *dK*; hoc eſt, æqualibus temporibus deſcribet lineas *GH*, *IK*. Proinde velocitas ante incidentiam eſt ad velocitatem poſt emergentiam, ut *GH* ad *IK* vel *TH*, id eſt, ut *AH* vel *Id* ad *vH*, hoc eſt (reſpectu radii *TH* vel *IK*) ut ſinus emergentiæ ad ſinum incidentiæ. *Q. E. D.*

PRO-

PROPOSITIO XCVI. THEOREMA L.

Iisdem positis & quod motus ante incidentiam velocior sit quam postea: dico quod corpus, inclinando lineam incidentiæ, reflectetur tandem, & angulus reflexionis fiet æqualis angulo incidentiæ.

Nam concipe corpus inter parallela plana *Aa*, *Bb*, *Cc*, &c. describere arcus Parabolicos, ut supra; sintque arcus illi *HP*, *PQ*, *QR*,&c. Et sit ea lineæ incidentiæ *GH* obliquitas ad planum primum *Aa*, ut sinus incidentiæ sit ad radium circuli, cujus est sinus, in ea ratione quam habet idem sinus incidentiæ ad sinum emergentiæ ex plano *Dd*, in spatium *DdeE*: & ob sinum emergentiæ jam factum æqualem radio, angulus emergentiæ erit rectus, adeoque linea emergentiæ coincidet cum plano *Dd*. Perveniat corpus ad hoc planum in puncto *R*; & quoniam linea emergentiæ coincidit cum eodem plano, perspicuum est quod corpus non potest ultra pergere versus planum *Ee*. Sed nec potest idem pergere in linea emergentiæ *Rd*, propterea quod

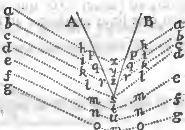


perpetuo attrahitur vel impellitur versus Medium incidentiæ. Revertetur itaque inter plana *Cc*, *Dd*, describendo arcum Parabolæ *QRq*, cujus vertex principalis (juxta demonstrata *Galilæi*) est in *R*; secabit planum *Cc* in eodem angulo in *q*, ac prius in *Q*; dein pergendo in arcubus parabolicis *qp*, *ph*, &c. arcubus prioribus *QP*, *PH* similibus & æqualibus, secabit reliqua plana in iisdem angulis in *p*, *h*, &c. ac prius in *P*, *H*, &c. emergetque tandem eadem obliquitate in *h*, qua incidit in *H*. Concipe jam planorum *Aa*, *Bb*, *Cc*, *Dd*, *Ee*, &c. intervalla in infinitum minui & numerum augeri, eo ut actio attractionis vel impulsus secundum legem quamcunque assignatam continua reddatur; & angulus emergentiæ semper angulo incidentiæ æqualis existens, eidem etiamnum manebit æqualis. *Q. E. D.*

Scholium.

Scholium.

Harum attractionum haud multum dissimiles sunt Lucis reflexiones & refractiones, factæ secundum datam Secantium rationem, ut invenit *Snellius*, & per consequens secundum datam Sinuum rationem, ut exposuit *Cartesius*. Namque Lucem successive propagari & spatio quasi septem vel octo minutorum primorum a Sole ad Terram venire, jam constat per Phænomena Satellitum *Jovis*, Observationibus diversorum Astronomorum confirmata. Radii autem in aere existentes (uti dudum *Grimaldus*, luce per foramen in tenebrosum cubiculum admissa, invenit, & ipse quoque expertus sum) in transitu suo prope corporum vel opacorum vel perspicuorum angulos (quales sunt nummorum ex auro, argento & ære cusorum termini rectanguli circulares, & cultrorum, lapidum aut fractorum vitrorum acies) incurvantur circum corpora, quasi attracti in eadem; & ex his radiis, qui in transitu illo propius accedunt ad corpora incurvantur magis, quasi magis attracti, ut ipse etiam diligenter observavi. In figura designat *s* aciem cultri vel cunei cujusvis *AsB*; & *gowog*, *fnunf*, *emtme*, *dlsld*, sunt radii, arcubus *owo*, *nun*, *mtm*, *lsl* versus cultrum incurvati; idque magis vel minus pro distantia eorum a cultro. Cum autem talis incurvatio radiorum fiat in aere extra cultrum, debebunt etiam radii, qui incidunt in cultrum, prius incurvari in aere quam cultrum attingunt. Et par est ratio incidentium in vitrum. Fit igitur refractio, non in puncto incidentiæ, sed paulatim per continuam incurvationem radiorum, factam partim in aere antequam attingunt vitrum, partim (ni fallor) in vitro, postquam illud ingressi sunt: uti in radiis *ckzkc*, *biyib*, *ahxha* incidentibus ad *r*, *q*, *p*, & inter *k* & *z*, *i* & *y*, *h* & *x* incurvatis, delineatum est. Igitur ob analogiam quæ est inter propagationem radiorum lucis & progressum corporum, visum est Propositiones sequentes in usus Opticos subjungere; interea de natura radiorum (utrum sint corpora necne) nihil omnino disputans, sed Trajectorias corporum Trajectoriis radiorum persimiles solummodo determinans.

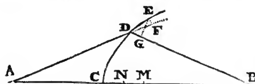


PROPO-

PROPOSITIO XCVII. PROBLEMA XLVII.

Posito quod sinus incidentiæ in superficiem aliquam sit ad sinum emergentiæ in data ratione, quodque incurvatio viæ corporum juxta superficiem illam fiat in spatio brevissimo, quod ut punctum considerari possit; determinare superficiem quæ corpuscula omnia de loco dato successive manantia convergere faciat ad alium locum datum.

Sit *A* locus a quo corpuscula divergunt; *B* locus in quem convergere debent; *CDE* curva linea quæ circa axem *AB* revoluta describat superficiem quæsitam; *D*, *E* curvæ illius puncta duo quævis; & *EF*, *EG* perpendicula in corporis vias *AD*, *DB* demissa. Accedat punctum *D* ad punctum *E*; & lineæ *DF* qua *AD* augetur, ad lineam *DG* qua *DB* diminuitur, ratio ultima erit eadem quæ sinus incidentiæ ad sinum emergentiæ. Datur ergo ratio



incrementi lineæ *AD* ad decrementum lineæ *DB*; & propterea si in axe *AB* sumatur ubivis punctum *C*, per quod curva *CDE* transire debet, & capiatur ipsius *AC* incrementum *CM*, ad ipsius *BC* decrementum *CN* in data illa ratione; centrisque *A*, *B*, & intervallis *AM*, *BN* describantur circuli duo se mutuo secantes in *D*: punctum illud *D* tanget curvam quæsitam *CDE*, eandemque ubivis tangendo determinabit. *Q. E. I.*

Corol. 1. Faciendo autem ut punctum *A* vel *B* nunc abeat in infinitum, nunc migret ad alteras partes puncti *C*, habebuntur Figuræ illæ omnes quas *Cartesius* in Optica & Geometria ad Refractiones exposuit. Quarum inventionem cum *Cartesius* maximi fecerit & studiose celaverit, visum fuit hac propositione exponere.

Corol.

Corol. 2. Si corpus in ſuperficiem quamvis CD, ſecundum lineam rectam AD lege quavis ductam incidens, emergat ſecundum aliam quamvis rectam DK, & a puncto C duci intelligantur Lineæ curvæ CP, CQ ipſis AD, DK ſemper perpendiculares: erunt incrementa linearum PD, QD, atq; adeo lineæ ipſæ PD, QD, incrementis iſtis genitæ, ut ſinus incidentiæ & emergentiæ ad invicem: & contra.

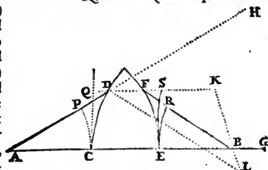
PROPOSITIO XCVIII. PROBLEMA XLVIII.

Iiſdem poſitis, & circa axem AB *deſcripta ſuperficie quacunque attractiva* CD, *regulari vel irregulari, per quam corpora de loco dato* A *exeuntia tranſire debent: invenire ſuperficiem ſecundam attractivam* EF, *quæ corpora illa ad locum datum* B *convergere faciat.*

Juncta AB ſecet ſuperficiem primam in C & ſecundam in E, puncto D utcunque aſſumpto. Et poſito ſinu incidentiæ in ſuperficiem primam ad ſinum emergentiæ ex eadem, & ſinu emergentiæ e ſuperficie ſecunda ad ſinum incidentiæ in eandem, ut quantitas aliqua data M ad aliam datam N; produc tum AB ad G ut ſit BG ad CE ut M−N ad N, tum AD ad H ut ſit AH æqualis AG, tum etiam DF ad K ut ſit DK ad DH ut N ad M. Junge KB, & centro D intervallo DH deſcribe circulum occurrentem KB productæ in L, ipſique DL parallelam age BF: & punctum F tanget Lineam EF, quæ circa axem AB revoluta deſcribet ſuperficiem quæſitam. *Q. E. F.*

Nam concipe Lineas CP, CQ ipſis AD, DF reſpective, & Lineas ER, ES ipſis FB, FD ubique perpendiculares eſſe, adeoque QS ipſi CE ſemper æqualem; & erit (per Corol. 2. Prop. XCVII) PD ad QD ut M ad N, adeoque ut DL ad DK vel FB ad FK;

& divisim ut $\mathcal{D}L-FB$ seu $\mathcal{P}H-\mathcal{P}\mathcal{D}-FB$ ad $F\mathcal{D}$ seu $F\mathcal{Q}-\mathcal{Q}\mathcal{D}$; & composite ut $\mathcal{P}H-FB$ ad $F\mathcal{Q}$, id est (ob æquales $\mathcal{P}H$ & CG, $\mathcal{Q}S$ & CE) $CE+BG-FR$ ad $CE-FS$. Verum (ob proportionales BG ad CE & $M-N$ ad N) est etiam $CE+BG$ ad CE ut M ad N: adeoque divisim FR ad FS ut M ad N, & propterea per Corol. 2. Prop. XCVII, superficies EF cogit corpus, in ipsam secundum lineam $\mathcal{D}F$ incidens, pergere in linea FR ad locum B. $\mathcal{Q}.E.\mathcal{D}.$



Scholium.

Eadem methodo pergere liceret ad superficies tres vel plures. Ad usus autem Opticos maxime accommodatæ sunt figuræ Sphæricæ. Si Perspicillorum vitra Objectiva ex vitris duobus Sphærice figuratis & Aquam inter se claudentibus conflentur; fieri potest ut a refractionibus Aquæ errores refractionum, quæ fiunt in vitrorum superficiebus extremis, satis accurate corrigantur. Talia autem vitra Objectiva vitris Ellipticis & Hyperbolicis præferenda sunt, non solum quod facilius & accuratius formari possint, sed etiam quod Penicillos radiorum extra axem vitri sitos accuratius refringant. Verum tamen diversa diversorum radiorum Refrangibilitas impedimento est, quo minus Optica per Figuras vel Sphæricas vel alias quascunque perfici possit. Nisi corrigi possint errores illinc oriundi, labor omnis in cæteris corrigendis imperite collocabitur.

DE

DE MOTU CORPORUM

LIBER SECUNDUS.

SECTIO I.

De Motu Corporum quibus resistitur in ratione Velocitatis.

PROPOSITIO I. THEOREMA I.

Corporis, cui resistitur in ratione velocitatis, motus ex resistentia amissus est ut spatium movendo confectum.

NAm cum motus singulis temporis particulis æqualibus amissus sit ut velocitas, hoc est, ut itineris confecti particula: erit, componendo, motus toto tempore amissus ut iter totum. *Q.E.D.*

Corol. Igitur si corpus, gravitate omni destitutum, in spatiis liberis sola vi insita moveatur; ac detur tum motus totus sub initio, tum etiam motus reliquus post spatium aliquod confectum: dabitur spatium totum quod corpus infinito tempore describere potest. Erit enim spatium illud ad spatium jam descriptum, ut motus totus sub initio ad motus illius partem amissam.

LEMMA I.

Quantitates differentiis suis proportionales, sunt continue proportionales.

Sit A ad A − B ut B ad B − C & C ad C − D, &c. & dividendo fiet A ad B ut B ad C & C ad D, &c. *Q.E.D.*

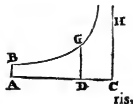
PROPOSITIO II. THEOREMA II.

Si Corpori resistitur in ratione velocitatis, & idem sola vi insita per Medium similare moveatur, sumantur autem tempora æqualia: velocitates in principiis singulorum temporum sunt in progressione Geometrica, & spatia singulis temporibus descripta sunt ut velocitates.

Cas. 1. Dividatur tempus in particulas æquales; & si ipsis particularum initiis agat vis resistentiæ impulso unico, quæ sit ut velocitas: erit decrementum velocitatis singulis temporis particulis ut eadem velocitas. Sunt ergo velocitates differentiis suis proportionales, & propterea (per Lem. 1. Lib. 11.) continue proportionales. Proinde si ex æquali particularum numero componantur tempora quælibet æqualia, erunt velocitates ipsis temporum initiis, ut termini in progressione continua, qui per saltum capiuntur, omisso passim æquali terminorum intermediorum numero. Componuntur autem horum terminorum rationes ex æqualibus rationibus terminorum intermediorum æqualiter repetitis, & propterea sunt æquales. Igitur velocitates, his terminis proportionales, sunt in progressione Geometrica. Minuantur jam æquales illæ temporum particulæ, & augeatur earum numerus in infinitum, eo ut resistentiæ impulsus reddatur continuus; & velocitates in principiis æqualium temporum, semper continue proportionales, erunt in hoc etiam casu continue proportionales. *Q. E. D.*

Cas. 2. Et divisim velocitatum differentiæ, hoc est, earum partes singulis temporibus amissæ, sunt ut totæ: Spatia autem singulis temporibus descripta sunt ut velocitatum partes amissæ, (per Prop. 1. Lib. 11.) & propterea etiam ut totæ. *Q. E. D.*

Corol. Hinc si Asymptotis rectangulis *ADC*, *CH* describatur Hyperbola *BG*, sintque *AB*, *DG* ad Asymptoton *AC* perpendiculares, & exponatur tum corporis velocitas tum resistentia Medii, ipso motus initio, per lineam quamvis datam *AC*, elapso autem tempore aliquo per lineam indefinitam *DC*: exponi potest tempus per aream *ABGD*, & spatium eo tempore descriptum per lineam *AD*. Nam si area illa per motum puncti *D* augeatur uniformiter ad modum temporis,

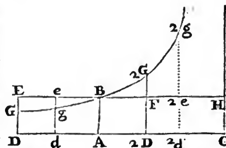


ris, decrescet recta DC in ratione Geometrica ad modum velocitatis, & partes rectæ AC æqualibus temporibus descriptæ decrescent in eadem ratione.

PROPOSITIO III. PROBLEMA I.

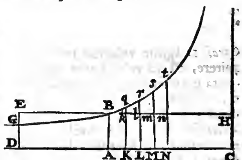
Corporis, cui dum in Medio similari recta ascendit vel descendit, resistitur in ratione velocitatis, quodque ab uniformi gravitate urgetur, definire motum.

Corpore ascendente, exponatur gravitas per datum quodvis rectangulum BC, & resistentia Medii initio ascensus per rectangulum BD sumptum ad contrarias partes. Asymptotis rectangulis AC, CH, per punctum B describatur Hyperbola secans perpendicula DE, de in G, g; &

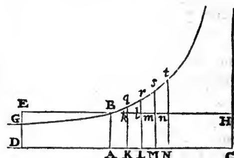


corpus ascendendo, tempore $DGgd$, describet spatium $EGge$, tempore $DGBA$ spatium ascensus totius EGB; tempore $AB2G2D$ spatium descensus $BF2G$, atque tempore $2D2G2g2d$ spatium descensus $2GF2e2g$: & velocitates corporis (resistentiæ Medii proportionales) in horum temporum periodis erunt $ABED$, $ABed$, nulla, $ABF2D$, $AB2e2d$ respective; atque maxima velocitas, quam corpus descendendo potest acquirere, erit BC.

Resolvatur enim rectangulum AH in rectangula innumera Ak, Kl, Lm, Mn, &c. quæ sint ut incrementa velocitatum æqualibus totidem temporibus facta; & erunt nihil, Ak, Al, Am, An, &c. ut velocitates totæ, atque adeo (per Hypothesin) ut resistentiæ Medii principio singulorum temporum æqualium. Fiat AC ad AK vel $ABHC$ ad $ABkK$, ut vis gravitatis ad resistentiam in principio temporis secundi, deque vi gravitatis



tatis subducantur resistentiæ, & manebunt *ABHC, KkHC, LlHC, NnHC*, &c. ut vires absolutæ quibus corpus in principio singulorum temporum urgetur, atque adeo (per motus Legem II) ut incrementa velocitatum, id est, ut rectangula *Ak, Kl, Lm, Mn*, &c; & propterea (per Lem. I. Lib. II) in progressione Geometrica. Quare si rectæ *Kk, Ll, Mm, Nn*, &c. productæ occurrant Hyperbolæ in *q, r, s, t*, &c. erunt areæ *ABqK, KqrL, LrsM, MstN*, &c. æquales, adeoque tum temporibus tum viribus gravitatis semper æqualibus analogæ. Est autem area *ABqK* (per Corol. 3. Lem. VII, & Lem. VIII, Lib. I) ad aream *Bkq* ut *Kq* ad $\frac{1}{2}$ *kq* seu *AC* ad $\frac{1}{2}$ *AK*, hoc est, ut vis gravitatis ad resistentiam in medio temporis primi. Et simili argumento areæ *qKLr, rLMs, sMNt*, &c. sunt ad areas *qklr, rlms, smnt*, &c. ut vires gravitatis ad resistentias in medio temporis secundi, tertii, quarti, &c. Proinde cum areæ æquales *BAKq, qKLr, rLMs, sMNt*, &c. sint viribus gravitatis analogæ, erunt areæ *Bkq, qklr, rlms, smnt*, &c. resistentiis in mediis singulorum temporum, hoc est (per Hypothesin) velocitatibus, atque adeo descriptis spatiis analogæ. Sumantur analogarum summæ, & erunt areæ *Bkq, Blr, Bms, Bnt*, &c. spatiis totis descriptis analogæ; necnon areæ *ABqK, ABrL, ABsM, ABtN*, &c. temporibus. Corpus igitur inter descendendum, tempore quovis *ABrL*, describit spatium *Blr*, & tempore *LrtN* spatium *rlnt*. *Q.E.D.* Et similis est demonstratio motus expositi in ascensu. *Q.E.D.*



Corol. 1. Igitur velocitas maxima, quam corpus cadendo potest acquirere, est ad velocitatem dato quovis tempore acquisitam, ut vis data gravitatis qua perpetuo urgetur, ad vim resistentiæ qua in fine temporis illius impeditur.

Corol. 2. Tempore autem aucto in progressione Arithmetica, summa velocitatis illius maximæ ac velocitatis in ascensu (atque etiam earundem differentia in descensu) decrescit in progressione Geometrica.

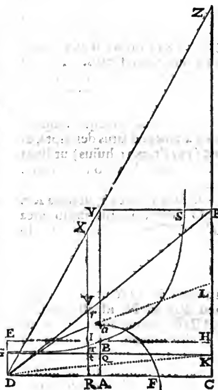
Corol. 3. Sed & differentiæ spatiorum, quæ in æqualibus temporum differentiis describuntur, decrescunt in eadem progressione Geometrica.

Corol.

Corol. 4. Spatium vero a corpore descriptum differentia est duorum spatiorum, quorum alterum est ut tempus sumptum ab initio descensus, & alterum ut velocitas, quæ etiam ipso descensus init o æquantur inter se.

PROPOSITIO IV. PROBLEMA II.

Posito quod vis gravitatis in Medio aliquo similari uniformis sit, ac tendat perpendiculariter ad planum Horizontis; definire motum Projectilis in eodem, resistentiam velocitati proportionalem patientis.



E loco quovis D egrediatur Projectile secundum lineam quamvis rectam DP, & per longitudinem DP exponatur ejusdem velocitas sub initio motus. A puncto P ad lineam Horizontalem DC demittatur perpendiculum PC, & secetur DC in A ut sit DA ad AC ut resistentia Medii, ex motu in altitudinem sub initio orta, ad vim gravitatis; vel (quod perinde est) ut sit rectangulum sub DA & DP ad rectangulum sub AC & CP ut resistentia tota sub initio motus ad vim gravitatis. Asymptotis DC, CP, describatur Hyperbola quævis $GTBS$ secans perpendicula DG, AB in G & B; & compleatur parallelogrammum $DGKC$, cujus latus GK secet AB in Q. Capiatur linea N in ratione ad QB qua DC sit ad CP; & ad rectæ DC punctum quodvis R erecto perpendiculo RT, quod Hyperbolæ in T, & rectis EH, GK, DP in I, t & V occurrat; in eo cape Vr æqualem $\frac{tGT}{N}$, vel quod perinde

inde eſt, cape Rr æqualem $\frac{GTIE}{N}$; & Projectile tempore $DRTG$ perveniet ad punctum r, deſcribens curvam lineam $DraF$, quam punctum r ſemper tangit, perveniens autem ad maximam altitudinem a in perpendiculo AB, & poſtea ſemper appropinquans ad Aſymptoton PLC. Eſtque velocitas ejus in puncto quovis r ut Curvæ Tangens rL. *Q. E. I.*

Eſt enim N ad QB ut DC ad CP ſeu DR ad RV, adeoque RV æqualis $\frac{DR \times QB}{N}$, & Rr (id eſt $RV - Vr$ ſeu $\frac{DR \times QB - tGT}{N}$) æqualis $\frac{DR \times AB - RDGT}{N}$. Exponatur jam tempus per aream $RDGT$, & (per Legum Corol. 2.) diſtinguatur motus corporis in duos, unum aſcenſus, alterum ad latus. Et cum reſiſtentia ſit ut motus, diſtinguetur etiam hæc in partes duas partibus motus proportionales & contrarias: ideoque longitudo, a motu ad latus deſcripta, erit (per Prop. II. hujus) ut linea DR, altitudo vero (per Prop. III. hujus) ut area $DR \times AB - RDGT$, hoc eſt, ut linea Rr. Ipſo autem motus initio area $RDGT$ æqualis eſt rectangulo $DR \times AQ$, ideoque linea illa Rr (ſeu $\frac{DR \times AB - DR \times AQ}{N}$) tunc eſt ad DR ut $AB - AQ$ ſeu QB ad N, id eſt, ut CP ad DC; atque adeo ut motus in altitudinem ad motum in longitudinem ſub initio. Cum igitur Rr ſemper ſit ut altitudo, ac DR ſemper ut longitudo, atque Rr ad DR ſub initio ut altitudo ad longitudinem: neceſſe eſt ut Rr ſemper ſit ad DR ut altitudo ad longitudinem, & propterea ut corpus moveatur in linea $DraF$, quam punctum r perpetuo tangit. *Q. E. D.*

Corol.

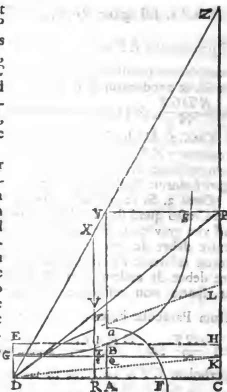
Corol. 1. Est igitur Rr æqualis $\frac{DR \times AB}{N} - \frac{RDGT}{N}$, ideoque si producatur RT ad X ut sit RX æqualis $\frac{DR \times AB}{N}$, (id est, si compleatur parallelogrammum $ACPT$, jungatur DT secans CP in Z, & producatur RT donec occurrat DT in X;) erit Xr æqualis $\frac{RDGT}{N}$, & propterea tempori proportionalis.

Corol. 2. Unde si capiantur innumeræ CR vel, quod perinde est, innumeræ ZX, in progressione Geometrica; erunt totidem Xr in progressione Arithmetica. Et hinc Curva $DraF$ per tabulam Logarithmorum facile delineatur.

Corol. 3. Si vertice D, diametro DE deorsum producta, & Latere recto quod sit ad $2DP$ ut resistentia tota, ipso motus initio, ad vim gravitatis, Parabola construatur: velocitas quacum corpus exire debet de loco D secundum rectam DP, ut in Medio uniformi resistente describat Curvam $DraF$, ea ipsa erit quacum exire debet de eodem loco D, secundum eandem rectam DP, ut in spatio non resistente describat Parabolam. Nam Latus rectum Parabolæ hujus, ipso motus initio, est $\frac{DV\ quad.}{Vr}$ & Vr est $\frac{tGT}{N}$ seu $\frac{DR \times Tt}{2N}$. Recta autem quæ, si duceretur, Hyperbolam GTB tangeret in G, parallela est ipsi DK, ideoque Tt est $\frac{CK \times DR}{DC}$ & N erat $\frac{QB \times DC}{CP}$. Et propterea Vr est $\frac{DRq \times CK \times CP}{2DCq \times QB}$, id est, (ob proportionales DR & DC, DV & DP) $\frac{DVq \times CK \times CP}{2DPq \times QB}$, & Latus rectum $\frac{DV\ quad.}{Vr}$ prodit $\frac{2DPq \times QB}{CK \times CP}$, id est (ob proportionales QB & CK, DA & AC) $\frac{2DPq \times DA}{AC \times CP}$, adeoque ad $2DP$, ut $DP \times DA$ ad $CP \times AC$; hoc est, ut resistentia ad gravitatem. *Q. E. D.*

Corol. 4. Unde si corpus de loco quovis D, data cum velocitate, secundum rectam quamvis positione datam DP projiciatur; & resistentia Medii ipso motus initio detur: inveniri potest Curva $DraF$, quam corpus idem describet. Nam ex data velocitate

datur latus rectum Parabolæ, ut notum est. Et sumendo $2DP$ ad latus illud rectum, ut est vis gravitatis ad vim resistentiæ, datur DP. Dein secando DC in A, ut sit $CP \times AC$ ad $DP \times DA$ in eadem illa ratione gravitatis ad resistentiam, dabitur punctum A. Et inde datur Curva $DraF$.



Corol. 5. Et contra, si datur Curva $DraF$, dabitur & velocitas corporis & resistentia Medii in locis singulis r. Nam ex data ratione $CP \times AC$ ad $DP \times DA$, datur tum resistentia Medii sub initio motus, tum latus rectum Parabolæ: & inde datur etiam velocitas sub initio motus. Deinde ex longitudine tangentis rL, datur & huic proportionalis velocitas, & velocitati proportionalis resistentia in loco quovis r.

Corol. 6. Cum autem longitudo $2DP$ sit ad latus rectum Parabolæ ut gravitas ad resistentiam in D; & ex aucta velocitate augeatur resistentia in eadem ratione, at latus rectum Parabolæ augeatur in ratione illa duplicata: patet longitudinem $2DP$ augeri in ratione illa simplici, adeoque velocitati semper proportionalem esse, neque ex angulo CDP mutato augeri vel minui, nisi mutetur quoque velocitas.

Corol. 7. Unde liquet methodus determinandi Curvam $DraF$ ex Phænomenis quamproxime, & inde colligendi resistentiam & velocitatem quacum corpus projicitur. Projiciantur corpora duo similia & æqualia eadem cum velocitate, de loco D, secundum angulos diversos CDP, cDp (minuscularum literarum locis subintellectis) & cognoscantur loca F, f, ubi incidunt in horizontale planum DC. Tum, assumpta quacunque longitudine pro DP vel Dp, fingatur quod resistentia in D sit ad gravitatem in ratione

tione qualibet, & exponatur ratio illa per longitudinem quamvis *SM*. Deinde per computationem, ex longitudine illa assumpta *DP*, inveniantur longitudines *DF*, *Df*, ac de ratione $\frac{Ff}{DF}$ per calculum inventa, auferatur ratio eadem per experimentum inventa, & exponatur differentia per perpendiculum *MN*. Idem fac iterum ac tertio, assumendo semper novam resistentiæ ad gravitatem rationem *SM*, & colligendo novam differentiam *MN*. Ducantur autem differentiæ affirmativæ ad unam partem rectæ *SM*, & negativæ ad alteram; & per puncta *N*, *N*, *N* agatur curva regularis *NNN* secans rectam *SMMM* in *X*, & erit *SX* vera ratio resistentiæ ad gravitatem, quam invenire oportuit. Ex hac ratione colligenda est longitudo *DF* per calculum; & longitudo quæ sit ad assumptam longitudinem *DP*, ut longitudo *DF* per experimentum cognita ad longitudinem *DF* modo inventam, erit vera longitudo *DP*. Qua inventa, habetur tum Curva linea *DraF* quam corpus describit, tum corporis velocitas & resistentia in locis singulis.



Scholium.

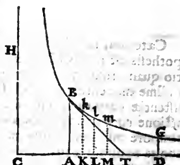
Cæterum, resistentiam corporum esse in ratione velocitatis, Hypothesis est magis Mathematica quam Naturalis. Obtinet hæc ratio quamproxime ubi corpora in Mediis rigore aliquo præditis tardissime moventur. In Mediis autem quæ rigore omni vacant resistentiæ corporum sunt in duplicata ratione velocitatum. Etenim actione corporis velocioris communicatur eidem Medii quantitati, tempore minore, motus major in ratione majoris velocitatis; adeoque tempore æquali (ob majorem Medii quantitatem perturbatam) communicatur motus in duplicata ratione major; estque resistentia (per motus Legem II & III) ut motus communicatus. Videamus igitur quales oriantur motus ex hac lege Resistentiæ.

SECTIO II.

De motu Corporum quibus resistitur in duplicata ratione Velocitatum.

PROPOSITIO V. THEOREMA III.

Si Corpori resistitur in velocitatis ratione duplicata, & idem sola vi insita per Medium similare movetur; tempora vero sumantur in progressione Geometrica a minoribus terminis ad majores pergente: dico quod velocitates initio singulorum temporum sunt in eadem progressione Geometrica inverse, & quod spatia sunt æqualia quæ singulis temporibus describuntur.



Nam quoniam quadrato velocitatis proportionalis est resistentia Medii, & resistentiæ proportionale est decrementum velocitatis; si tempus in particulas innumeras æquales dividatur, quadrata velocitatum singulis temporum initiis erunt velocitatum earundem differentiis proportionalia. Sunto temporis particulæ illæ AK, KL, LM, &c. in recta CD sumptæ, & erigantur perpendicula AB, Kk, Ll, Mm, &c. Hyperbolæ $BklmG$, centro C Asymptotis rectangulis CD, CH descriptæ, occurrentia in B, k, l, m, &c. & erit AB ad Kk ut CK ad CA, & divisim $AB-Kk$ ad Kk ut AK ad CA, & vicissim $AB-Kk$ ad AK ut Kk ad CA, adeoque ut $AB \times Kk$ ad $AB \times CA$. Unde, cum AK & $AB \times CA$ dentur, erit $AB-Kk$ ut $AB \times Kk$; & ultimo, ubi coeunt AB & Kk, ut ABq. Et simili argumento erunt $Kk-Ll$, $Ll-Mm$, &c. ut Kkq, Llq, &c. Linearum igitur AB, Kk, Ll, Mm qua-

quadrata sunt ut earundem differentiæ; & idcirco cum quadrata velocitatum fuerint etiam ut ipsarum differentiæ, similis erit ambarum progressio. Quo demonstrato, consequens est etiam ut areæ his lineis descriptæ sint in progressione consimili cum spatiis quæ velocitatibus describuntur. Ergo si velocitas initio primi temporis *AK* exponatur per lineam *AB*, & velocitas initio secundi *KL* per lineam *Kk*, & longitudo primo tempore descripta per aream *AKkB*; velocitates omnes subsequentes exponentur per lineas subsequentes *Ll*, *Mm*, &c. & longitudines descriptæ per areas *Kl*, *Lm*, &c. Et composite, si tempus totum exponatur per summam partium suarum *AM*, longitudo tota descripta exponetur per summam partium suarum *AMmB*. Concipe jam tempus *AM* ita dividi in partes *AK*, *KL*, *LM*, &c. ut sint *CA*, *CK*, *CL*, *CM*, &c. in progressione Geometrica; & erunt partes illæ in eadem progressione, & velocitates *AB*, *Kk*, *Ll*, *Mm*, &c. in progressione eadem inversa, atque spatia descripta *Ak*, *Kl*, *Lm*, &c. æqualia. *Q. E. D.*

Corol. 1. Patet ergo quod, si tempus exponatur per Asymptoti partem quamvis *AD*, & velocitas in principio temporis per ordinatim applicatam *AB*; velocitas in fine temporis exponetur per ordinatam *DG*, & spatium totum descriptum per aream Hyperbolicam adjacentem *ABGD*; necnon spatium quod corpus aliquod eodem tempore *AD*, velocitate prima *AB*, in Medio non resistente describere posset, per rectangulum $AB \times AD$.

Corol. 2. Unde datur spatium in Medio resistente descriptum, capiendo illud ad spatium quod velocitate uniformi *AB* in medio non resistente simul describi posset, ut est area Hyperbolica *ABGD* ad rectangulum $AB \times AD$.

Corol. 3. Datur etiam resistentia Medii, statuendo eam ipso motus initio æqualem esse vi uniformi centripetæ, quæ in cadente corpore, tempore *AC*, in Medio non resistente, generare posset velocitatem *AB*. Nam si ducatur *BT* quæ tangat Hyperbolam in *B*, & occurrat Asymptoto in *T*; recta *AT* æqualis erit ipsi *AC*, & tempus exponet quo resistentia prima uniformiter continuata tollere posset velocitatem totam *AB*.

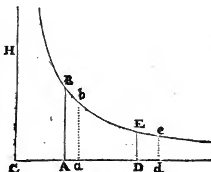
Corol. 4. Et inde datur etiam proportio hujus resistentiæ ad vim gravitatis, aliamve quamvis datam vim centripetam.

Corol. 5. Et viceversa, si datur proportio resistentiæ ad datam quamvis vim centripetam; datur tempus *AC*, quo vis centripeta resistentiæ æqualis generare possit velocitatem quamvis *AB*: & inde

de datur punctum *B* per quod Hyperbola, Asymptotis *CH*, *CD*, describi debet; ut & spatium *ABGD*, quod corpus incipiendo motum suum cum velocitate illa *AB*, tempore quovis *AD*, in Medio similari resistente describere potest.

PROPOSITIO VI. THEOREMA IV.

Corpora Sphærica homogenea & æqualia, resistentiis in duplicata ratione velocitatum impedita, & solis viribus insitis incitata, temporibus quæ sunt reciproce ut velocitates sub initio, describunt semper æqualia spatia, & amittunt partes velocitatum proportionales totis.



Asymptotis rectangulis *CD*, *CH* descripta Hyperbola quavis *BbEe* secante perpendicula *AB*, *ab*, *DE*, *de*, in *B*, *b*, *E*, *e*, exponantur velocitates initiales per perpendicula *AB*, *DE*, & tempora per lineas *Aa*, *Dd*. Est ergo ut *Aa* ad *Dd* ita (per Hypothesin) *DE* ad *AB*, & ita (ex natura Hyperbolæ) *CA* ad *CD*; & componendo, ita *Ca* ad *Cd*. Ergo areæ *ABba*, *DEed*, hoc est, spatia descripta æquantur inter se; & velocitates primæ *AB*, *DE* sunt ultimis *ab*, *de*, & propterea (dividendo) partibus etiam suis amissis *AB−ab*, *DE−de* proportionales. *Q. E. D.*

PROPOSITIO VII. THEOREMA V.

Corpora Sphærica quibus resistitur in duplicata ratione velocitatum, temporibus quæ sunt ut motus primi directe & resistentiæ primæ inverse, amittent partes motuum proportionales totis, & spatia describent temporibus istis in velocitates primas ductis proportionalia.

Namque motuum partes amissæ sunt ut resistentiæ & tempora con-

conjunctim. Igitur ut partes illæ ſint totis proportionales, debebit reſiſtentia & tempus conjunctim eſſe ut motus. Proinde tempus erit ut motus directe & reſiſtentia inverſe. Quare temporum particulis in ea ratione ſumptis, corpora amittent ſemper particulas motuum proportionales totis, adeoque retinebunt velocitates in ratione prima. Et ob datam velocitatum rationem, deſcribent ſemper ſpatia quæ ſunt ut velocitates primæ & tempora conjunctim. *Q. E. D.*

Corol. 1. Igitur ſi æquivelocibus corporibus reſiſtitur in duplicata ratione diametrorum: Globi homogenei quibuſcunque cum velocitatibus moti, deſcribendo ſpatia diametris ſuis proportionalia, amittent partes motuum proportionales totis. Motus enim Globi cujuſque erit ut ejus velocitas & Maſſa conjunctim, id eſt, ut velocitas & cubus diametri; reſiſtentia (per Hypotheſin) erit ut quadratum diametri & quadratum velocitatis conjunctim; & tempus (per hanc Propoſitionem) eſt in ratione priore directe & ratione poſteriore inverſe, id eſt, ut diameter directe & velocitas inverſe; adeoque ſpatium (tempori & velocitati proportionale) eſt ut diameter.

Corol. 2. Si æquivelocibus corporibus reſiſtitur in ratione ſeſquialtera diametrorum: Globi homogenei quibuſcunque cum velocitatibus moti, deſcribendo ſpatia in ſeſquialtera ratione diametrorum, amittent partes motuum proportionales totis.

Corol. 3. Et univerſaliter, ſi æquivelocibus corporibus reſiſtitur in ratione dignitatis cujuſcunque diametrorum: ſpatia quibus Globi homogenei, quibuſcunque cum velocitatibus moti, amittent partes motuum proportionales totis, erunt ut cubi diametrorum ad dignitatem illam applicati. Sunto diametri D & E; & ſi reſiſtentiæ, ubi velocitates æquales ponuntur, ſint ut D^n & E^n: ſpatia quibus Globi, quibuſcunque cum velocitatibus moti, amittent partes motuum proportionales totis, erunt ut D^{3-n} & E^{3-n}. Igitur deſcribendo ſpatia ipſis D^{3-n} & E^{3-n} proportionalia, retinebunt velocitates in eadem ratione ad invicem ac ſub initio.

Corol. 4. Quod ſi Globi non ſint homogenei, ſpatium a Globo denſiore deſcriptum augeri debet in ratione denſitatis. Motus enim, ſub pari velocitate, major eſt in ratione denſitatis, & tempus (per hanc Propoſitionem) augetur in ratione motus directe, ac ſpatium deſcriptum in ratione temporis.

Corol.

Corol. 5. Et si Globi moveantur in Mediis diversis; spatium in Medio, quod cæteris paribus magis resistit, diminuendum erit in ratione majoris resistentiæ. Tempus enim (per hanc Propositionem) diminuetur in ratione resistentiæ auctæ, & spatium in ratione temporis.

LEMMA II.

Momentum Genitæ æquatur Momentis laterum singulorum generantium in eorundem laterum indices dignitatum & coefficientia continue ductis.

Genitam voco quantitatem omnem quæ ex lateribus vel terminis quibuscunque, in Arithmetica per multiplicationem, divisionem, & extractionem radicum; in Geometria per inventionem vel contentorum & laterum, vel extremarum & mediarum proportionalium, absque additione & subductione generatur. Ejusmodi quantitates sunt Facti, Quoti, Radices, Rectangula, Quadrata, Cubi, Latera quadrata, Latera cubica, & similes. Has quantitates ut indeterminatas & instabiles, & quasi motu fluxuve perpetuo crescentes vel decrescentes, hic considero; & earum incrementa vel decrementa momentanea sub nomine Momentorum intelligo: ita ut incrementa pro momentis addititiis seu affirmativis, ac decrementa pro subductitiis seu negativis habeantur. Cave tamen intellexeris particulas finitas. Particulæ finitæ non sunt momenta, sed quantitates ipsæ ex momentis genitæ. Intelligenda sunt principia jamjam nascentia finitarum magnitudinum. Neque enim spectatur in hoc Lemmate magnitudo momentorum, sed prima nascentium proportio. Eodem recidit si loco momentorum usurpentur vel velocitates incrementorum ac decrementorum, (quas etiam motus, mutationes & fluxiones quantitatum nominare licet) vel finitæ quævis quantitates velocitatibus hisce proportionales. Lateris autem cujusque generantis Coefficiens est quantitas, quæ oritur applicando Genitam ad hoc latus.

Igitur sensus Lemmatis est, ut, si quantitatum quarumcunque perpetuo motu crescentium vel decrescentium A, B, C, &c. momenta, vel mutationum velocitates dicantur a, b, c, &c. momentum vel mutatio geniti rectanguli AB fuerit $a\mathrm{B} + b\mathrm{A}$, & geniti contenti ABC momentum fuerit $a\mathrm{BC} + b\mathrm{AC} + c\mathrm{AB}$: & genitarum digni-

dignitatum A^2, A^3, A^4, $A^{\frac{1}{2}}$, $A^{\frac{3}{2}}$, $A^{\frac{1}{3}}$, $A^{\frac{2}{3}}$, A^{-1}, A^{-2}, & $A^{-\frac{1}{2}}$ momenta $2aA$, $3aA^2$, $4aA^3$, $\frac{1}{2}aA^{-\frac{1}{2}}$, $\frac{3}{2}aA^{\frac{1}{2}}$, $\frac{1}{3}aA^{-\frac{2}{3}}$, $\frac{2}{3}aA^{-\frac{1}{3}}$, $-aA^{-2}$, $-2aA^{-3}$, & $-\frac{1}{2}aA^{-\frac{1}{2}}$ respective. Et generaliter, ut dignitatis cujuscunque $A^{\frac{n}{m}}$ momentum fuerit $\frac{n}{m}aA^{\frac{n-m}{m}}$. Item ut Genitæ A^2B momentum fuerit $2aAB+bA^2$; & Genitæ $A^3B^4C^2$ momentum $3aA^2B^4C^2+4bA^3B^3C^2+2cA^3B^4C$; & Genitæ $\frac{A^3}{B^2}$ sive A^3B^{-2} momentum $3aA^2B^{-2}-2bA^3B^{-3}$: & sic in cæteris. Demonstratur vero Lemma in hunc modum.

Cas. 1. Rectangulum quodvis motu perpetuo auctum AB, ubi de lateribus A & B deerant momentorum dimidia $\frac{1}{2}a$ & $\frac{1}{2}b$, fuit $A-\frac{1}{2}a$ in $B-\frac{1}{2}b$, seu $AB-\frac{1}{2}aB-\frac{1}{2}bA+\frac{1}{4}ab$; & quam primum latera A & B alteris momentorum dimidiis aucta sunt, evadit $A+\frac{1}{2}a$ in $B+\frac{1}{2}b$ seu $AB+\frac{1}{2}aB+\frac{1}{2}bA+\frac{1}{4}ab$. De hoc rectangulo subducatur rectangulum prius, & manebit excessus $aB+bA$. Igitur laterum incrementis totis a & b generatur rectanguli incrementum $aB+bA$. *Q.E.D.*

Cas. 2. Ponatur AB semper æquale G, & contenti ABC seu GC momentum (per Cas. 1.) erit $gC+cG$, id est (si pro G & g scribantur AB & $aB+bA$) $aBC+bAC+cAB$. Et par est ratio contenti sub lateribus quotcunque. *Q.E.D.*

Cas. 3. Ponantur latera A, B, C sibi mutuo semper æqualia; & ipsius A^2, id est rectanguli AB, momentum $aB+bA$ erit $2aA$, ipsius autem A^3, id est contenti ABC, momentum $aBC+bAC+cAB$ erit $3aA^2$. Et eodem argumento momentum dignitatis cujuscunque A^n est naA^{n-1}. *Q.E.D.*

Cas. 4. Unde cum $\frac{1}{A}$ in A sit 1, momentum ipsius $\frac{1}{A}$ ductum in A, una cum $\frac{1}{A}$ ducto in a erit momentum ipsius 1, id est, nihil. Proinde momentum ipsius $\frac{1}{A}$ seu ipsius A^{-1} est $\frac{-a}{A^2}$. Et generaliter cum $\frac{1}{A^n}$ in A^n sit 1, momentum ipsius $\frac{1}{A^n}$ ductum in A^n

 una

una cum $\frac{1}{A^n}$ in naA^{n-1} erit nihil. Et propterea momentum ipsius $\frac{1}{A^n}$ seu A^{-n} erit $-\frac{na}{A^{n+1}}$. *Q. E. D.*

Cas. 5. Et cum $A^{\frac{1}{2}}$ in $A^{\frac{1}{2}}$ sit A, momentum ipsius $A^{\frac{1}{2}}$ ductum in $2A^{\frac{1}{2}}$ erit a, per Cas. 3: ideoque momentum ipsius $A^{\frac{1}{2}}$ erit $\frac{a}{2A^{\frac{1}{2}}}$ sive $\frac{1}{2}aA^{-\frac{1}{2}}$. Et generaliter si ponatur $A^{\frac{m}{n}}$ æquale B, erit A^m æquale B^n, ideoque maA^{m-1} æquale nbB^{n-1}, & maA^{-1} æquale nbB^{-1} seu $nbA^{-\frac{m}{n}}$, adeoque $\frac{m}{n}aA^{\frac{m-n}{n}}$ æquale b, id est, æquale momento ipsius $A^{\frac{m}{n}}$. *Q. E. D.*

Cas. 6. Igitur Genitæ cujuscunque $A^m B^n$ momentum est momentum ipsius A^m ductum in B^n, una cum momento ipsius B^n ducto in A^m, id est $maA^{m-1}B^n + nbB^{n-1}A^m$; idque sive dignitatum indices m & n sint integri numeri vel fracti, sive affirmativi vel negativi. Et par est ratio contenti sub pluribus dignitatibus. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc in continue proportionalibus, si terminus unus datur, momenta terminorum reliquorum erunt ut iidem termini multiplicati per numerum intervallorum inter ipsos & terminum datum. Sunto A, B, C, D, E, F continue proportionales; & si detur terminus C, momenta reliquorum terminorum erunt inter se ut $-2A$, $-B$, D, 2E, 3F.

Corol. 2. Et si in quatuor proportionalibus duæ mediæ dentur, momenta extremarum erunt ut eædem extremæ. Idem intelligendum est de lateribus rectanguli cujuscunque dati.

Corol. 3. Et si summa vel differentia duorum quadratorum detur, momenta laterum erunt reciproce ut latera.

Scholium.

In literis quæ mihi cum Geometra peritissimo *G. G. Leibnitio* annis abhinc decem intercedebant, cum significarem me compotem esse methodi determinandi Maximas & Minimas, ducendi Tangentes, & similia peragendi, quæ in terminis surdis æque ac in rationalibus procederet, & literis transpositis hanc sententiam involventibus

tibus [*Data Æquatione quotcunque Fluentes quantitates involvente, Fluxiones invenire, & vice versa*] eandem celarem: rescripsit Vir Clarissimus se quoque in ejusmodi methodum incidisse, & methodum suam communicavit a mea vix abludentem præterquam in verborum & notarum formulis, & Idea generationis quantitatum. Utriusque fundamentum continetur in hoc Lemmate.

PROPOSITIO VIII. THEOREMA VI.

Si corpus in Medio uniformi, Gravitate uniformiter agente, recta ascendat vel descendat, & spatium totum descriptum distinguatur in partes æquales, inque principiis singularum partium (addendo resistentiam Medii ad vim gravitatis, quando corpus ascendit, vel subducendo ipsam quando corpus descendit) colligantur vires absolutæ; dico quod vires illæ absolutæ sunt in progressione Geometrica.

Exponatur enim vis gravitatis per datam lineam AC; resistentia per lineam indefinitam AK; vis absoluta in descensu corporis per differentiam KC; velocitas corporis per lineam AP (quæ sit media proportionalis inter AK & AC, ideoque in subduplicata ratione resistentiæ;) incrementum resistentiæ data temporis particula factum per lineolam KL, & contemporaneum velocitatis incrementum per lineolam PQ; & centro C Asymptotis rectangulis CA, CH describatur Hyperbola quævis BNS, erectis perpendiculis AB, KN, LO, PR, QS occurrens in B, N, O, R, S. Quoniam AK est ut APq, erit hujus momentum KL ut illius momentum $2APQ$, id est, ut AP in KC. Nam velocitatis incrementum PQ, (per motus Leg. II.) proportionale est vi generanti KC. Componatur ratio ipsius KL cum ratione ipsius KN, & fiet rectangulum $KL \times KN$ ut $AP \times KC \times KN$; hoc est, ob datum rectangulum $KC \times KN$, ut AP. Atqui areæ Hyperbolicæ $KNOL$ ad rectangulum $KL \times KN$ ratio ultima, ubi coeunt puncta K & L, est æqualitatis. Ergo area illa Hyperbolica evanescens est ut AP. Componitur igitur area tota Hyperbolica $ABOL$ ex particulis $KNOL$ velocitati AP semper proportionalibus, & propterea spatio velocitate ista descripto proportionalis est. Dividatur jam area illa in partes æquales $ABMI$, $IMNK$, $KNOL$, &c. & vires

res abſolutæ *AC*, *IC*, *KC*, *LC*, &c. erunt in progreſſione Geometrica. *Q. E. D.* Et ſimili argumento, in aſcenſu corporis, ſumendo, ad contrariam partem puncti *A*, æquales areas *ABmi*, *imnk*, *knol*, &c. conſtabit quod vires abſolutæ *AC*, *iC*, *kC*, *lC*, &c. ſunt continue proportionales. Ideoque ſi ſpatia omnia in aſcenſu & deſcenſu capiantur æqualia; omnes vires abſolutæ *lC*, *kC*, *iC*, *AC*, *IC*, *KC*, *LC*, &c. erunt continue proportionales. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc ſi ſpatium deſcriptum exponatur per aream Hyperbolicam *ABNK*; exponi poſſunt vis gravitatis, velocitas corporis & reſiſtentia Medii per lineas *AC*, *AP* & *AK* reſpective; & vice verſa.

Corol. 2. Et velocitatis maximæ, quam corpus in infinitum deſcendendo poteſt unquam acquirere, exponens eſt linea *AC*.

Corol. 3. Igitur ſi in data aliqua velocitate cognoſcatur reſiſtentia Medii, invenietur velocitas maxima, ſumendo ipſam ad velocitatem

tatem illam datam in fubduplicata ratione, quam habet vis Gravitatis ad Medii refiftentiam illam cognitam.

PROPOSITIO IX. THEOREMA VII.

Pofitis jam demonftratis, dico quod fi Tangentes angulorum fectoris Circularis & fectoris Hyperbolici fumantur velocitatibus proportionales, exiftente radio juftæ magnitudinis: erit tempus omne afcenfus futuri ut fector Circuli, & tempus omne defcenfus præteriti ut fector Hyperbolæ.

Rectæ AC, qua vis gravitatis exponitur, perpendicularis & æqualis ducatur AD. Centro D femidiametro AD defcribatur tum Circuli quadrans AtE, tum Hyperbola rectangula AVZ axem habens AX, verticem principalem A & Afymptoton DC. Jungantur Dp, DP, & erit fector Circularis AtD ut tempus afcenfus omnis futuri; & fector Hyperbolicus ATD ut tempus defcenfus omnis præteriti. Si modo fectorum Tangentes Ap, AP fint ut velocitates.

Cas. 1. Agatur enim Dvq abfcindens fectoris ADt & trianguli ADp momenta, feu particulas quam minimas fimul defcriptas tDv & pDq. Cum particulæ illæ, ob angulum communem D, funt in duplicata ratione laterum, erit particula tDv ut $\frac{qDp}{pD\,quad}$. Sed $pD\,quad.$ eft $AD\,quad + Ap\,quad.$ id eft, $AD\,quad + AD \times Ak$ feu $AD \times Ck$; & qDp eft $\frac{1}{2} AD \times pq$. Ergo fectoris particula tDv eft ut $\frac{pq}{Ck}$, id eft, ut velocitatis decrementum quam minimum pq directe & vis illa Ck quæ velocitatem diminuit inverfe, atque adeo ut particula temporis decremento refpondens. Et componendo fit fumma particularum omnium tDv in fectore ADt, ut fumma particularum temporis fingulis velocitatis decrefcentis Ap particulis amiffis pq refpondentium, ufque dum velocitas illa in nihilum diminuta evanuerit; hoc eft, fector totus ADt eft ut afcenfus totius futuri tempus. *Q. E. D.*

Cas.

De Motu Corporum

Cas. 2. Agatur DQV abſcindens tum ſectoris DAV, tum trianguli DAQ particulas quam minimas TDV & PDQ; & erunt hæ particulæ ad invicem ut $DTq.$ ad $DPq.$ id eſt (ſi TX & AP parallelæ ſint) ut $DXq.$ ad $DAq.$ vel $TXq.$ ad $APq.$ & diviſim ut $DXq - TXq$ ad $DAq - APq$. Sed ex natura Hyperbolæ $DXq - TXq$ eſt ADq, & per Hypotheſin APq eſt $AD \times AK$. Ergo particulæ ſunt ad invicem ut ADq ad $ADq - AD \times AK$; id eſt, ut AD ad $AD - AK$ ſeu AC ad CK: ideoque ſectoris particula TDV eſt $\frac{PDQ \times AC}{CK}$, atque adeo ob datas AC & AD, ut $\frac{PQ}{CK}$, id eſt, ut incrementum velocitatis directe utque vis generans incrementum inverſe, atque adeo ut particula temporis incremento reſpondens. Et componendo fit ſumma particularum temporis, quibus omnes velocitatis AP particulæ

PQ

PQ generantur, ut summa particularum sectoris ATD, id est, tempus totum ut sector totus. *Q.E.D.*

Corol. 1. Hinc si AB æquetur quartæ parti ipsius AC, spatium quod corpus tempore quovis cadendo describit, erit ad spatium quod corpus velocitate maxima AC, eodem tempore uniformiter progrediendo describere potest, ut area $ABNK$, qua spatium cadendo descriptum exponitur, ad aream ATD qua tempus exponitur. Nam cum sit AC ad AP ut AP ad AK, erit (per Corol. 1, Lem. 11 hujus) LK ad PQ ut $2AK$ ad AP, hoc est, ut $2AP$ ad AC, & inde LK ad $\frac{1}{2}PQ$ ut AP ad ($\frac{1}{4}AC$ vel) AB; est & KN ad (AC vel) AD ut AB ad CK; itaque ex æquo LKN ad DPQ ut AP ad CK. Sed erat DPQ ad DTV ut CK ad AC. Ergo rursus ex æquo LKN est ad DTV ut AP ad AC; hoc est, ut velocitas corporis cadentis ad velocitatem maximam quam corpus cadendo potest acquirere. Cum igitur arearum $ABNK$ & ATD momenta LKN & DTV sunt ut velocitates, erunt arearum illarum partes omnes simul genitæ ut spatia simul descripta, ideoque areæ totæ ab initio genitæ $ABNK$ & ATD ut spatia tota ab initio descensus descripta. *Q.E.D.*

Corol. 2. Idem consequitur etiam de spatio quod in ascensu describitur. Nimirum quod spatium illud omne sit ad spatium, uniformi cum velocitate AC eodem tempore descriptum, ut est area $ABnk$ ad sectorem ADt.

Corol. 3. Velocitas corporis tempore ATD cadentis est ad velocitatem, quam eodem tempore in spatio non resistente acquireret, ut triangulum APD ad sectorem Hyperbolicum ATD. Nam velocitas in Medio non resistente foret ut tempus ATD, & in Medio resistente est ut AP, id est, ut triangulum APD. Et velocitates illæ initio descensus æquantur inter se, perinde ut areæ illæ ATD, APD.

Corol. 4. Eodem argumento velocitas in ascensu est ad velocitatem, qua corpus eodem tempore in spatio non resistente omnem suum ascendendi motum amittere posset, ut triangulum ApD ad sectorem Circularem AtD; sive ut recta Ap ad arcum At.

Corol. 5. Est igitur tempus quo corpus in Medio resistente cadendo velocitatem AP acquirit, ad tempus quo velocitatem maximam AC in spatio non resistente cadendo acquirere posset, ut sector ADT ad triangulum ADC: & tempus, quo velocitatem Ap in Medio

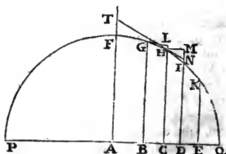
Medio resistente ascendendo possit amittere, ad tempus quo velocitatem eandem in spatio non resistente ascendendo posset amittere, ut arcus At ad ejus tangentem Ap.

Corol. 6 Hinc ex dato tempore datur spatium ascensu vel descensu descriptum. Nam corporis in infinitum descendentis datur velocitas maxima, per Corol. 2, & 3, Theor. VI, Lib. II; indeque datur tempus quo corpus velocitatem illam in spatio non resistente cadendo posset acquirere. Et sumendo Sectorem ADT vel ADt ad triangulum ADC in ratione temporis dati ad tempus modo inventum; dabitur tum velocitas AP vel Ap, tum area $ABNK$ vel $ABnk$, quæ est ad sectorem ADT vel ADt ut spatium quæsitum ad spatium quod tempore dato, cum velocitate illa maxima jam ante inventa, uniformiter describi potest.

Corol. 7. Et regrediendo, ex dato ascensus vel descensus spatio $ABnk$ vel $ABNK$, dabitur tempus ADt vel ADT.

PROPOSITIO X. PROBLEMA III.

Tendat uniformis vis gravitatis directe ad planum Horizontis, sitque resistentia ut Medii densitas & quadratum velocitatis conjunctim: requiritur tum Medii densitas in locis singulis, quæ faciat ut corpus in data quavis linea curva moveatur, tum corporis velocitas & Medii resistentia in locis singulis.



Sit PQ planum illud plano Schematis perpendiculare; $PFHQ$ linea curva plano huic occurrens in punctis P & Q; G, H, I, K loca quatuor corporis in hac curva ab F ad Q pergentis; & GB, HC, ID, KE ordinatæ quatuor parallelæ ab his punctis ad horizontem demissæ & lineæ horizontali PQ ad puncta B, C, D, E insistentes; & sint BC, CD, DE distantiæ Ordinatarum inter se æquales. A punctis G & H ducantur rectæ GL, HN curvam tangentes in G & H, & Ordinatis CH, DI sursum productis occurrentes in L & N, & compleatur parallelogrammum $HCDM$.

Et

Et tempora quibus corpus describit arcus GH, HI, erunt in subduplicata ratione altitudinum LH, NI quas corpus temporibus illis describere posset, a tangentibus cadendo: & velocitates erunt ut longitudines descriptæ GH, HI directe & tempora inverse. Exponantur tempora per T & t, & velocitates per $\frac{GH}{T}$ & $\frac{HI}{t}$: & decrementum velocitatis tempore t factum exponetur per $\frac{GH}{T} - \frac{HI}{t}$. Hoc decrementum oritur a resistentia corpus retardante & gravitate corpus accelerante. Gravitas in corpore cadente & spatium NI cadendo describente, generat velocitatem qua duplum illud spatium eodem tempore describi potuisset (ut *Galilæus* demonstravit) id est, velocitatem $\frac{2NI}{t}$: at in corpore arcum HI describente, auget arcum illum sola longitudine $HI - HN$ seu $\frac{MI \times NI}{HI}$, ideoque generat tantum velocitatem $\frac{2MI \times NI}{t \times HI}$. Addatur hæc velocitas ad decrementum prædictum, & habebitur decrementum velocitatis ex resistentia sola oriundum, nempe $\frac{GH}{T} - \frac{HI}{t} + \frac{2MI \times NI}{t \times HI}$. Proindeque cum gravitas eodem tempore in corpore cadente generet velocitatem $\frac{2NI}{t}$, Resistentia erit ad Gravitatem ut $\frac{GH}{T} - \frac{HI}{t} + \frac{2MI \times NI}{t \times HI}$ ad $\frac{2NI}{t}$, sive ut $\frac{t \times GH}{T} - HI + \frac{2MI \times NI}{HI}$ ad $2NI$.

Jam pro abscissis CB, CD, CE scribantur $-o$, o, $2o$. Pro Ordinata CH scribatur P, & pro MI scribatur series quælibet $Qo + Roo + So^3 +$ &c. Et seriei termini omnes post primum, nempe $Roo + So^3 +$ &c. erunt NI, & Ordinatæ DI, EK, & BG erunt $P - Qo - Roo - So^3 -$ &c, $P - 2Qo - 4Roo - 8So^3 -$ &c, & $P + Qo - Roo + So^3 -$ &c. respective. Et quadrando differentias Ordinatarum $BG - CH$ & $CH - DI$, & ad quadrata prodeuntia addendo quadrata ipsarum BC, CD, habebuntur arcuum GH, HI quadrata $oo + QQoo - 2QRo^3 +$ &c, & $oo + QQoo + 2QRo^3 +$ &c. Quorum radices $o\sqrt{1+QQ} - \frac{QRoo}{\sqrt{1+QQ}}$, &

 $o\sqrt{1+}$

$o\sqrt{1+QQ}+\frac{QRoo}{\sqrt{1+QQ}}$ sunt arcus GH & HI. Præterea si ab Ordinata CH subducatur semisumma Ordinatarum BG ac DI, & ab Ordinata DI subducatur semisumma Ordinatarum CH & EK, manebunt arcuum GI & HK sagittæ Roo & $Roo+3So^3$. Et hæ sunt lineolis LH & NI proportionales, adeoque in duplicata ratione temporum infinite parvorum T & t, & inde ratio $\frac{t}{T}$ est $\sqrt{\frac{R+3So}{R}}$ seu $\frac{R+\frac{3}{2}So}{R}$: & $\frac{t\times GH}{T}-HI+\frac{2MI\times NI}{HI}$, substituendo ipsorum $\frac{t}{T}$, GH, HI, MI & NI valores jam inventos, evadit $\frac{3Soo}{2R}\sqrt{1+QQ}$. Et cum $2NI$ sit $2Roo$, Resistentia jam erit ad Gravitatem ut $\frac{3Soo}{2R}\sqrt{1+QQ}$ ad $2Roo$, id est, ut $3S\sqrt{1+QQ}$ ad $4RR$.

Velocitas autem ea est quacum corpus de loco quovis H, secundum tangentem HN egrediens, in Parabola diametrum HC & latus rectum $\frac{HNq}{NI}$ seu $\frac{1+QQ}{R}$ habente, deinceps in vacuo moveri potest.

Et resistentia est ut Medii densitas & quadratum velocitatis conjunctim, & propterea Medii densitas est ut resistentia directe & quadratum velocitatis inverse, id est, ut $\frac{3S\sqrt{1+QQ}}{4RR}$ directe & $\frac{1+QQ}{R}$ inverse, hoc est, ut $\frac{S}{R\sqrt{1+QQ}}$. *Q.E.I.*

Corol. 1. Si tangens HN producatur utrinque donec occurrat Ordinatæ cuilibet AF in T: erit $\frac{HT}{AC}$ æqualis $\sqrt{1+QQ}$, adeoque in superioribus pro $\sqrt{1+QQ}$ scribi potest. Qua ratione Resistentia erit ad Gravitatem ut $3S\times HT$ ad $4RR\times AC$, Velocitas erit ut $\frac{HT}{AC\sqrt{R}}$, & Medii densitas erit ut $\frac{S\times AC}{R\times HT}$.

Corol. 2. Et hinc, si Curva linea $PFHQ$ definiatur per relationem inter basem seu abscissam AC & ordinatim applicatam CH,

CH, (ut moris eſt) & valor ordinatim applicatæ reſolvatur in ſeriem convergentem: Problema per primos ſeriei terminos expedite ſolvetur, ut in exemplis ſequentibus.

Exempl. 1. Sit Linea $PFHQ$ Semicirculus ſuper diametro PQ deſcriptus, & requiratur Medii denſitas quæ faciat ut Projectile in hac linea moveatur.

Biſecetur diameter PQ in A, dic AQ n, AC a, CH e, & CD o: & erit DIq ſeu $AQq - ADq = nn - aa - 2ao - oo$, ſeu $ee - 2ao - oo$, & radice per methodum noſtram extracta, fiet $DI = e - \frac{ao}{e} - \frac{oo}{2e} - \frac{aaoo}{2e^3} - \frac{ao^3}{2e^3} - \frac{a^3o^3}{2e^5} -$ &c. Hic ſcribatur nn pro $ee + aa$, & evadet $DI = e - \frac{ao}{e} - \frac{nnoo}{2e^3} - \frac{anno^3}{2e^5} -$ &c.

Hujuſmodi ſeries diſtinguo in terminos ſucceſſivos in hunc modum. Terminum primum appello in quo quantitas infinite parva o non extat; ſecundum in quo quantitas illa eſt unius dimenſionis, tertium in quo extat duarum, quartum in quo trium eſt, & ſic in infinitum. Et primus terminus qui hic eſt e, denotabit ſemper longitudinem Ordinatæ CH inſiſtentis ad initium indefinitæ quantitatis o; ſecundus terminus qui hic eſt $\frac{ao}{e}$, denotabit differentiam inter CH & DN, id eſt, lineolam MN quæ abſcinditur complendo parallelogrammum $HCDM$, atque adeo poſitionem tangentis HN ſemper determinat: ut in hoc caſu capiendo MN ad HM ut eſt $\frac{ao}{e}$ ad o, ſeu a ad e. Terminus tertius qui hic eſt $\frac{nnoo}{2e^3}$ deſignabit lineolam IN quæ jacet inter tangentem & curvam, adeoque determinat angulum contactus IHN ſeu curvaturam quam curva linea habet in H. Si lineola illa IN finitæ eſt magnitudinis, deſignabitur per terminum tertium una cum ſequentibus in infinitum. At ſi lineola illa minuatur in infinitum,

termini ſubſequentes evadent infinite minores tertio, ideoque negligi poſſunt. Terminus quartus determinat variationem curvaturæ, quintus variationem variationis, & ſic deinceps. Unde obiter patet uſus non contemnendus harum Serierum in ſolutione Problematum quæ pendent a tangentibus & curvatura curvarum.

Conferatur jam ſeries $e - \frac{ao}{e} - \frac{nnoo}{2e^3} - \frac{anno^3}{2e^5} -$ &c, cum ſerie $P - Qo - Roo - So^3 -$ &c. & perinde pro P, Q, R & S ſcribatur e, $\frac{a}{e}$, $\frac{nn}{2e^3}$ & $\frac{ann}{2e^5}$, & pro $\sqrt{1+QQ}$ ſcribatur $\sqrt{1 + \frac{aa}{ee}}$ ſeu $\frac{n}{e}$, & prodibit Medii denſitas ut $\frac{a}{ne}$, hoc eſt, (ob datam n,) ut $\frac{a}{e}$, ſeu $\frac{AC}{CH}$, id eſt, ut tangentis longitudo illa HT quæ ad ſemidiametrum AF ipſi PQ normaliter inſiſtentem terminatur: & reſiſtentia erit ad gravitatem ut $3a$ ad $2n$, id eſt, ut $3AC$ ad Circuli diametrum PQ: velocitas autem erit ut $\sqrt{CH}$. Quare ſi corpus juſta cum velocitate ſecundum lineam ipſi PQ parallelam exeat de loco F, & Medii denſitas in ſingulis locis H ſit ut longitudo tangentis HT, & reſiſtentia etiam in loco aliquo H ſit ad vim gravitatis ut $3AC$ ad PQ, corpus illud deſcribet Circuli quadrantem FHQ. *Q.E.I.*

At ſi corpus idem de loco P, ſecundum lineam ipſi PQ perpendicularem egrederetur, & in arcu ſemicirculi PFQ moveri inciperet, ſumenda eſſet AC ſeu a ad contrarias partes centri A, & propterea ſignum ejus mutandum eſſet & ſcribendum $-a$ pro $+a$. Quo pacto prodiret Medii denſitas ut $-\frac{a}{e}$. Negativam autem denſitatem, hoc eſt, quæ motus corporum accelerat, Natura non admittit: & propterea naturaliter fieri non poteſt, ut corpus aſcendendo a P deſcribat Circuli quadrantem PF. Ad hunc effectum deberet corpus a Medio impellente accelerari, non a reſiſtente impediri.

Exempl. 2. Sit linea $PFHQ$ Parabola, axem habens AF horizonti PQ perpendicularem, & requiratur Medii denſitas quæ faciat ut Projectile in ipſa moveatur.

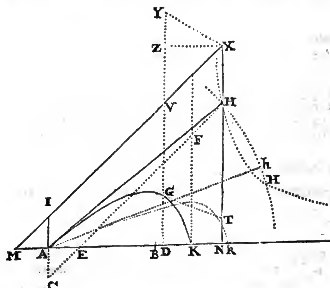
Ex natura Parabolæ, rectangulum PDQ æquale eſt rectangulo ſub ordinata DI & recta aliqua data: hoc eſt, ſi dicantur recta

recta illa b, PC a, PQ c, CH e & CD o; rectangulum $a+o$ in $c-a-o$ seu $ac-aa-2ao+co-oo$ æquale est rectangulo b in DI, adeoque DI æquale $\frac{ac-aa}{b}+\frac{c-2a}{b}o-\frac{oo}{b}$. Jam scribendus esset hujus seriei secundus terminus $\frac{c-2a}{b}o$ pro Qo, tertius item terminus $\frac{oo}{b}$ pro Roo. Cum vero plures non sint termini, debebit quarti coefficiens S evanescere, & propterea quantitas $\frac{S}{R\sqrt{1+QQ}}$ cui Medii densitas proportionalis est, nihil erit. Nulla igitur Medii densitate movebitur Projectile in Parabola, uti olim demonstravit *Galilæus*. *Q.E.I.*

Exempl. 3. Sit linea AGK Hyperbola, Asymptoton habens NX plano horizontali AK perpendicularem; & quæratur Medii densitas quæ faciat ut Projectile moveatur in hac linea.

Sit MX Asymptotos altera, ordinatim applicatæ DG productæ occurrens in V, & ex natura Hyperbolæ, rectangulum XV in VG dabitur. Datur autem ratio DN ad VX, & propterea datur etiam rectangulum DN in VG. Sit illud bb; & completo parallelogrammo $DNXZ$, dicatur BN a, BD o, NX c, & ratio data VZ ad ZX vel DN ponatur esse $\frac{m}{n}$. Et erit DN æqualis $a-o$, VG æqualis $\frac{bb}{a-o}$, VZ æqualis $\frac{m}{n}\overline{a-o}$, & GD seu $NX-VZ-VG$ æqualis $c-\frac{m}{n}a+\frac{m}{n}o-\frac{bb}{a-o}$. Resolvatur terminus $\frac{bb}{a-o}$ in seriem convergentem $\frac{bb}{a}+\frac{bb}{aa}o+\frac{bb}{a^3}oo+\frac{bb}{a^4}o^3$ &c. & fiet GD æqualis $c-\frac{m}{n}a-\frac{bb}{a}+\frac{m}{n}o-\frac{bb}{aa}o-\frac{bb}{a^3}o^2-\frac{bb}{a^4}o^3$ &c. Hujus seriei terminus secundus $\frac{m}{n}o-\frac{bb}{aa}o$ usurpandus est pro Qo, tertius cum signo mutato $\frac{bb}{a^3}o^2$ pro Ro^2, & quartus cum signo etiam mutato $\frac{bb}{a^4}o^3$ pro So^3, eorumque coefficientes $\frac{m}{n}-\frac{bb}{aa}$, $\frac{bb}{a^3}$ & $\frac{bb}{a^4}$ scribendæ sunt in Regula superiore, pro Q, R & S. Quo facto prodit medii densitas ut

ut $\dfrac{\frac{bb}{a^4}}{\frac{bb}{a^3}\sqrt{1+\frac{mm}{nn}-\frac{2mbb}{naa}+\frac{b^4}{a^4}}}$ seu $\dfrac{1}{\sqrt{aa+\frac{mm}{nn}aa-\frac{2mbb}{n}+\frac{b^4}{aa}}}$ id est, si in VZ sumatur VY æqualis VG, ut $\frac{1}{XY}$. Namque aa & $\frac{mm}{nn}aa-\frac{2mbb}{n}+\frac{b^4}{aa}$ sunt ipsarum XZ & ZY quadrata. Resistentia autem invenitur in ratione ad gravitatem quam habet $3XY$ ad



$2YG$ & velocitas ea est quacum corpus in Parabola pergeret verticem G, diametrum DG, & latus rectum $\frac{XY\,quad.}{VG}$ habente. Ponatur itaque quod Medii densitates in locis singulis G sint reciproce ut distantiæ XY, quodque resistentia in loco aliquo G sit ad gravitatem ut $3XY$ ad $2YG$; & corpus de loco A, justa cum velocitate emissum, describet Hyperbolam illam AGK. *Q.E.I.*

Exempl. 4. Ponatur indefinite, quod linea AGK Hyperbola sit, centro X Asymptotis MX, NX ea lege descripta, ut constructo rectangulo $XZDN$ cujus latus ZD secet Hyperbolam in G & Asymp-

Asymptoton ejus in V, fuerit VG reciproce ut ipsius ZX vel DN dignitas aliqua DN^n, cujus index est numerus n: & quæratur Medii densitas, qua Projectile progrediatur in hac curva.

Pro BN, BD, NX scribantur A, O, C respective, sitque VZ ad XZ vel DN ut d ad e, & VG æqualis $\frac{bb}{DN^n}$, & erit DN æqualis $A-O$, $VG=\frac{bb}{\overline{A-O}^n}$, $VZ=\frac{d}{e}\overline{A-O}$, & GD seu $NX-VZ-VG$ æqualis $C-\frac{d}{e}A+\frac{d}{e}O-\frac{bb}{\overline{A-O}^n}$. Resolvatur terminus ille $\frac{bb}{\overline{A-O}^n}$ in seriem infinitam $\frac{bb}{A^n}+\frac{nbb}{A^{n+1}}O+\frac{nn+n}{2A^{n+2}}bbO^2+\frac{n^3+3nn+2n}{6A^{n+3}}bbO^3$ &c. ac fiet GD æqualis $C-\frac{d}{e}A-\frac{bb}{A^n}+\frac{d}{e}O-\frac{nbb}{A^{n+1}}O-\frac{+nn+n}{2A^{n+2}}bbO^2-\frac{+n^3+3nn+2n}{6A^{n+3}}bbO^3$ &c. Hujus seriei terminus secundus $\frac{d}{e}O-\frac{nbb}{A^{n+1}}O$ usurpandus est pro Qo, tertius $\frac{nn+n}{2A^{n+2}}bbO^2$ pro Ro^2, quartus $\frac{n^3+3nn+2n}{6A^{n+3}}bbO^3$ pro So^3. Et inde Medii densitas $\frac{S}{R\sqrt{1+QQ}}$, in loco quovis G, fit $\frac{n+2}{3\sqrt{A^2+\frac{dd}{ee}A^2-\frac{2dnbb}{eA^n}A+\frac{nnb^4}{A^{2n}}}}$, adeoque si in VZ capiatur VY æqualis $n\times VG$, densitas illa est reciproce ut XY. Sunt enim A^2 & $\frac{dd}{ee}A^2-\frac{2dnbb}{eA^n}A+\frac{nnb^4}{A^{2n}}$ ipsarum XZ & ZY quadrata. Resistentia autem in eodem loco G fit ad gravitatem ut 3S in $\frac{XY}{A}$ ad 4RR, id est, XY ad $\frac{2nn+2n}{n+2}VG$. Et velocitas ibidem ea ipsa est quacum corpus projectum in Parabola pergeret, verticem G, diametrum GD & latus rectum $\frac{1+QQ}{R}$ seu $\frac{2\,XY\,quad.}{nn+n \text{ in } VG}$ habente. *Q.E.I.*

Scholium.

Scholium.

Eadem ratione qua prodiit densitas Medii ut $\frac{S \times AC}{R \times HT}$ in Corollario primo, si resistentia ponatur ut velocitatis V dignitas quælibet V^n prodibit densitas Medii ut $\frac{S}{R^{\frac{4-n}{2}}} \times \overline{\frac{AC}{HT}}|^{n-1}$.

Et propterea si Curva inveniri potest ea lege ut data fuerit ratio $\frac{S}{R^{\frac{4-n}{2}}}$ ad $\overline{\frac{HT}{AC}}|^{n-1}$, vel $\frac{S^2}{R^{4-n}}$ ad $\overline{1+QQ}|^{n-1}$: corpus movebitur in hac Curva in uniformi Medio cum resistentia quæ sit ut velocitatis dignitas V^n. Sed redeamus ad Curvas simpliciores.

Quoniam motus non fit in Parabola nisi in Medio non resistente, in Hyperbolis vero hic descriptis fit per resistentiam perpetuam; perspicuum est quod Linea, quam projectile in Medio uniformiter resistente describit, propius accedit ad Hyperbolas hasce quam ad Parabolam. Est utique linea illa Hyperbolici generis, sed quæ circa verticem magis distat ab Asymptotis; in partibus a vertice remotioribus propius ad ipsas accedit quam pro ratione Hyperbolarum quas hic descripsi. Tanta vero non est inter has & illam differentia, quin illius loco possint hæ in rebus practicis non incommode adhiberi. Et utiliores forsan futuræ sunt hæ, quam Hyperbola magis accurata & simul magis composita. Ipsæ vero in usum sic deducentur.

Compleatur parallelogrammum $XYGT$, & recta GT tanget Hyperbolam in G, ideoque densitas Medii in G est reciproce ut tangens GT, & velocitas ibidem ut $\sqrt{\frac{GTq}{GV}}$, resistentia autem ad vim gravitatis ut GT ad $\frac{2nn+2n}{n+2} GV$.

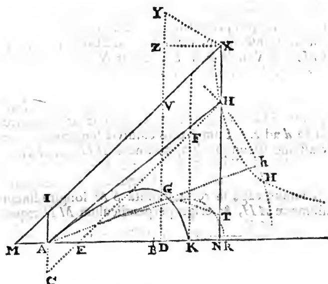
Proinde si corpus de loco A secundum rectam AH projectum describat Hyperbolam AGK, & AH producta occurrat Asymptoto MX in H, actaque AI eidem parallela occurrat alteri Asymptoto MX in I: erit Medii densitas in A reciproce ut AH, & corporis velocitas ut $\sqrt{\frac{AHq}{AI}}$, ac resistentia ibidem ad gravitatem ut AH ad $\frac{2nn+2n}{n+2}$ in AI. Unde prodeunt sequentes Regulæ.

Reg. 1.

Reg. 1. Si servetur tum Medii densitas in *A*, tum velocitas quacum corpus projicitur, & mutetur angulus *NAH*; manebunt longitudines *AH*, *AI*, *HX*. Ideoque si longitudines illæ in aliquo casu inveniantur, Hyperbola deinceps ex dato quovis angulo *NAH* expedite determinari potest.

Reg. 2. Si servetur tum angulus *NAH*, tum Medii densitas in *A*, & mutetur velocitas quacum corpus projicitur; servabitur longitudo *AH*, & mutabitur *AI* in duplicata ratione velocitatis reciproce.

Reg. 3. Si tam angulus *NAH* quam corporis velocitas in *A*, gravitasque acceleratrix servetur, & proportio resistentiæ in *A* ad



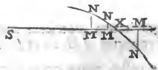
gravitatem motricem augeatur in ratione quacunque: augebitur proportio *AH* ad *AI* in eadem ratione, manente Parabolæ latere recto, eique proportionali longitudine $\frac{AHq}{AI}$; & propterea minuetur *AH* in eadem ratione, & *AI* minuetur in ratione illa duplicata. Augetur vero proportio resistentiæ ad pondus, ubi vel gravitas specifica sub æquali magnitudine fit minor, vel Medii densitas major, vel resistentia, ex magnitudine diminuta, diminuitur in minore ratione quam pondus.

Reg. 4. Quoniam densitas Medii prope verticem Hyperbolæ major est quam in loco A, ut habeatur densitas mediocris, debet ratio minimæ tangentium GT ad tangentem AH inveniri, & densitas in A augeri in ratione paulo majore quam semisummæ harum tangentium ad minimam tangentium GT.

Reg. 5. Si dantur longitudines AH, AI, & describenda sit Figura AGK: produc HN ad X, ut sit HX æqualis facto sub $n+1$ & AI; centroque X & Asymptotis MX, NX per punctum A describatur Hyperbola, ea lege, ut sit AI ad quamvis VG ut XV^n ad XI^n.

Reg. 6. Quo major est numerus n, eo magis accuratæ sunt hæ Hyperbolæ in ascensu corporis ab A, & minus accuratæ in ejus descensu ad K; & contra. Hyperbola Conica mediocrem rationem tenet, estque cæteris simplicior. Igitur si Hyperbola sit hujus generis, & punctum K, ubi corpus projectum incidet in rectam quamvis AN per punctum A transeuntem, quæratur: occurrat producta AN Asymptotis MX, NX in M & N, & sumatur NK ipsi AM æqualis.

Reg. 7. Et hinc liquet methodus expedita determinandi hanc Hyperbolam ex Phænomenis. Projiciantur corpora duo similia & æqualia, eadem velocitate, in angulis diversis HAK, hAk, incidantque in planum Horizontis in K & k; & notetur proportio AK ad Ak. Sit ea d ad e. Tum erecto cujusvis longitudinis perpendiculo AI, assume utcunque longitudinem AH vel Ah, & inde collige graphice longitudines AK, Ak, per Reg. 6. Si ratio AK ad Ak sit eadem cum ratione d ad e, longitudo AH recte assumpta fuit. Sin minus cape in recta infinita SM longitudinem SM æqualem assumptæ AH, & erige perpendiculum MN æquale rationum differentiæ $\frac{AK}{Ak} - \frac{d}{e}$ ductæ in rectam quamvis datam. Simili methodo ex assumptis pluribus longitudinibus AH invenienda sunt plura puncta N, & per omnia agenda Curva linea regularis $NNXN$, secans rectam $SMMM$ in X. Assumatur demum AH æqualis abscissæ SX & inde denuo inveniatur longitudo AK; & longitudines, quæ sint ad assumptam longitudinem AI & hanc ultimam AH, ut longitudo AK per experimentum cognita ad ultimo inventam longitudinem AK, erunt veræ illæ longitudines AI & AH, quas invenire oportuit. Hisce vero datis dabitur & resistentia Medii in loco A, quippe quæ sit ad vim gravitatis ut AH ad $2AI$. Augenda est autem densitas Medii per Reg. 4; & resistentia modo inventa, si in eadem ratione augeatur, fiet accuratior.



Reg.

Reg. 8. Inventis longitudinibus *AH*, *HX*; si jam desideretur positio rectæ *AH*, secundum quam Projectile, data illa cum velocitate emissum, incidit in punctum quodvis *K*: ad puncta *A* & *K* erigantur rectæ *AC*, *KF* horizonti perpendiculares; quarum *AC* deorsum tendat, & æquetur ipsi *AI* seu $\frac{1}{2}$*HX*. Asymptotis *AK*, *KF* describatur Hyperbola, cujus conjugata transeat per punctum *C*, centroque *A* & intervallo *AH* describatur Circulus secans Hyperbolam illam in puncto *H*; & Projectile secundum rectam *AH* emissum incidet in punctum *K*. *Q. E. I.* Nam punctum *H*, ob datam longitudinem *AH*, locatur alicubi in Circulo descripto. Agatur *CH* occurrens ipsis *AK* & *KF*, illi in *E*, huic in *F*; & ob parallelas *CH*, *MX* & æquales *AC*, *AI*, erit *AE* æqualis *AM*, & propterea etiam æqualis *KN*. Sed *CE* est ad *AE* ut *FH* ad *KN*, & propterea *CE* & *FH* æquantur. Incidit ergo punctum *H* in Hyperbolam Asymptotis *AK*, *KF* descriptam, cujus conjugata transit per punctum *C*, atque adeo reperitur in communi intersectione Hyperbolæ hujus & Circuli descripti. *Q. E. D.* Notandum est autem quod hæc operatio perinde se habet, sive recta *AKN* horizonti parallela sit, sive ad horizontem in angulo quovis inclinata: quodque ex duabus intersectionibus *H*, *H* duo prodeunt anguli *NAH*, *NAH*; & quod in Praxi mechanica sufficit

 Cir-

Circulum semel describere, deinde regulam interminatam CH ita applicare ad punctum C, ut ejus pars FH, Circulo & rectæ FK interjecta, æqualis sit ejus parti CE inter punctum C & rectam AK sitæ.

Quæ de Hyperbolis dicta sunt facile applicantur ad Parabolas. Nam si $XAGK$ Parabolam designet quam recta XV tangat in vertice X, sintque ordinatim applicatæ IA, VG ut quælibet abscissarum XI, XV dignitates XI^n, XV^n; agantur XT, GT, AH, quarum XT parallela sit VG, & GT, AH Parabolam tangant in G & A: & corpus de loco quovis A, secundum rectam AH productam, justa cum velocitate projectum, describet hanc Parabolam, si modo densitas Medii, in locis singulis G, sit reciproce ut tangens GT. Velocitas autem in G ea erit quacum Projectile pergeret, in spatio non resistente, in Parabola Conica verticem G, diametrum VG deorsum productam, & latus rectum $\frac{2GTq.}{nn-n \times VG}$ habente. Et resistentia in G erit ad vim gravitatis ut GT ad $\frac{3nn-3n}{n-2} VG$. Unde si NAK lineam horizontalem designet, & manente tum densitate Medii in A, tum velocitate quacum corpus projicitur, mutetur utcunque angulus NAH; manebunt longitudines AH, AI, HX, & inde datur Parabolæ vertex X, & positio rectæ XI, & sumendo VG ad IA ut XV^n ad XI^n, dantur omnia Parabolæ puncta G, per quæ Projectile transibit.

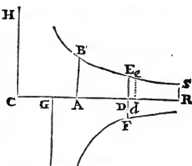
SECTIO

SECTIO III.

De Motu Corporum quibus resistitur partim in ratione velocitatis, partim in ejusdem ratione duplicata.

PROPOSITIO XI. THEOREMA VIII.

Si Corpori resistitur partim in ratione velocitatis, partim in velocitatis ratione duplicata, & idem sola vi insita in Medio similari movetur, sumantur autem tempora in progressione Arithmetica: quantitates velocitatibus reciproce proportionales, datâ quadam quantitate auctæ, erunt in progressione Geometrica.



Centro C, Asymptotis rectangulis $CADd$ & CH, describatur Hyperbola $BEeS$, & Asymptoto CH parallelæ sint AB, DE, de. In Asymptoto CD dentur puncta A, G: Et si tempus exponatur per aream Hyperbolicam $ABED$ uniformiter crescentem; dico quod velocitas exponi potest per longitudinem DF, cujus reciproca GD una cum data CG componat longitudinem CD in progressione Geometrica crescentem.

Sit enim areola $DEed$ datum temporis incrementum quam minimum, & erit Dd reciproce ut DE, adeoque directe ut CD. Ipsius autem $\frac{1}{GD}$ decrementum, quod (per hujus Lem. 11) est $\frac{Dd}{GDq}$, erit ut $\frac{CD}{GDq}$ seu $\frac{CG+GD}{GDq}$, id est, ut $\frac{1}{GD}+\frac{CG}{GDq}$. Igitur tempore $ABED$ per additionem datarum particularum $EDde$ uniformiter crescente, decrescit $\frac{1}{GD}$ in eadem ratione cum velocitate. Nam decrementum velocitatis est ut resistentia, hoc est (per Hypothesin) ut summa duarum quantitatum, quarum una est ut velo-

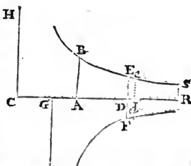
velocitas, altera ut quadratum velocitatis: & ipsius $\frac{1}{GD}$ decrementum est ut summa quantitatum $\frac{1}{GD}$ & $\frac{CG}{GDq}$, quarum prior est ipsa $\frac{1}{GD}$, & posterior $\frac{CG}{GDq}$ est ut $\frac{1}{GDq}$. Proinde $\frac{1}{GD}$, ob analogum decrementum, est ut velocitas. Et si quantitas GD, ipsi $\frac{1}{GD}$ reciproce proportionalis, quantitate data CG augeatur; summa CD, tempore $ABED$ uniformiter crescente, crescet in progressione Geometrica. *Q. E. D.*

Corol. 1. Igitur si, datis punctis A, G, exponatur tempus per aream Hyperbolicam $ABED$, exponi potest velocitas per ipsius GD reciprocam $\frac{1}{GD}$.

Corol. 2. Sumendo autem GA ad GD ut velocitatis reciproca sub initio, ad velocitatis reciprocam in fine temporis cujusvis $ABED$, invenietur punctum G. Eo autem invento, velocitas ex dato quovis alio tempore inveniri potest.

PROPOSITIO XII. THEOREMA IX.

Iisdem positis, dico quod si spatia descripta sumantur in progressione Arithmetica, velocitates data quadam quantitate aucta erunt in progressione Geometrica.



In Asymptoto CD detur punctum R, & erecto perpendiculo RS, quod occurrat Hyperbolæ in S, exponatur descriptum spatium per aream Hyperbolicam $RSED$; & velocitas erit ut longitudo GD, quæ cum data CG componit longitudinem CD, in progressione Geometrica decrescentem, interea dum spatium $RSED$ augetur in Arithmetica.

Etenim ob datum spatii incrementum $EDde$, lineola Dd, quæ decre-

decrementum est ipsius GD, erit reciproce ut ED, adeoque directe ut CD, hoc est, ut summa ejusdem GD & longitudinis datæ CG. Sed velocitatis decrementum, tempore sibi reciproce proportionali, quo data spatii particula $DdeE$ describitur, est ut resistentia & tempus conjunctim, id est, directe ut summa duarum quantitatum, quarum una est ut velocitas, altera ut velocitatis quadratum, & inverse ut velocitas; adeoque directe ut summa duarum quantitatum, quarum una datur, altera est ut velocitas. Igitur decrementum tam velocitatis quam lineæ GD, est ut quantitas data & quantitas decrescens conjunctim, & propter analoga decrementa, analogæ semper erunt quantitates decrescentes: nimirum velocitas & linea GD. Q. E. D.

Corol. 1. Igitur si velocitas exponatur per longitudinem GD, spatium descriptum erit ut area Hyperbolica $DESR$.

Corol. 2. Et si utcunque assumatur punctum R, invenietur punctum G, capiendo GR ad GD, ut est velocitas sub initio ad velocitatem post spatium quodvis $RSED$ descriptum. Invento autem puncto G, datur spatium ex data velocitate, & contra.

Corol. 3. Unde cum, per Prop. XI, detur velocitas ex dato tempore, & per hanc Propositionem detur spatium ex data velocitate; dabitur spatium ex dato tempore: & contra.

PROPOSITIO XIII. THEOREMA X.

Posito quod Corpus ab uniformi gravitate deorsum attractum recta ascendit vel descendit, & quod eidem resistitur partim in ratione velocitatis, partim in ejusdem ratione duplicata: dico quod si Circuli & Hyperbolæ diametris parallelæ rectæ per conjugatarum diametrorum terminos ducantur, & velocitates sint ut segmenta quædam parallelarum a dato puncto ducta, Tempora erunt ut arearum Sectores, rectis a centro ad segmentorum terminos ductis abscissi: & contra.

Cas. 1. Ponamus primo quod corpus ascendit, centroque D & semidiametro quovis DB describatur Circuli quadrans $BETF$, & per semidiametri DB terminum B agatur infinita BAP, semidiametro DF parallela. In ea detur punctum A, & capiatur segmentum AP velocitati proportionale. Et cum resistentiæ pars aliqua sit

ut

ut velocitas & pars altera ut velocitatis quadratum, fit resistentia tota in *P* ut *AP quad* + 2 *BAP*. Jungantur *DA*, *DP* Circulum secantes in *E* ac *T*, & exponatur gravitas per *DA quad*, ita ut sit gravitas ad resistentiam in *P* ut *DAq* ad *APq* + 2 *BAP*: & tempus ascensus omnis futuri erit ut Circuli sector *EDTE*.

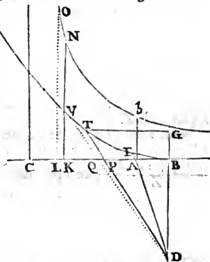
Agatur enim *DVQ*, abscindens & velocitatis *AP* momentum *PQ*, & Sectoris *DET* momentum *DTV* dato temporis momento respondens: & velocitatis decrementum illud *PQ* erit ut summa virium gravitatis *DAq* & resistentiæ *APq* + 2 *BAP*, id est (per Prop. 12, Lib. 2. Elem.) ut *DP quad*. Proinde area *DPQ*, ipsi *PQ* proportionalis, est ut *DP quad*; & area *DTV*, (quæ est ad aream *DPQ* ut *DTq* ad *DPq*) est ut datum *DTq*. Decrescit igitur area *EDT* uniformiter ad modum temporis futuri, per subductionem datarum particularum *DTV*, & propterea tempori ascensus futuri proportionalis est. *Q.E.D.*

Cas. 2. Si velocitas in ascensu corporis exponatur per longitudinem *AP* ut prius, & resistentia ponatur esse ut *APq* + 2 *BAP*, & si vis gravitatis minor sit quam quæ per *DAq* exponi possit; capiatur *BD* ejus longitudinis, ut sit *ABq* − *BDq* gravitati proportionale, sitque *DF* ipsi *DB* perpendicularis & æqualis, & per verticem *F* describatur Hyperbola *FTVE* cujus semidiametri conjugatæ sint *DB* & *DF*, quæque secet *DA* in *E*, & *DP*, *DQ* in *T* & *V*; & erit tempus ascensus futuri ut Hyperbolæ sector *TDE*.

Nam

Nam velocitatis decrementum PQ, in data temporis particula factum, est ut summa resistentiæ $APq + 2BAP$ & gravitatis $ABq - BDq$, id est, ut $BPq - BDq$. Est autem area DTV ad aream DPQ ut DTq ad DPq adeoque, si ad DF demittatur perpendiculum GT, ut GTq seu $GDq - DFq$ ad BDq utque GDq ad BPq & divisim ut DFq ad $BPq - BDq$. Quare cum area DPQ sit ut PQ, id est, ut $BPq - BDq$; erit area DTV ut datum DFq. Decrescit igitur area EDT uniformiter singulis temporis particulis æqualibus, per subductionem particularum totidem datarum DTV, & propterea tempori proportionalis est. *Q. E. D.*

Cas. 3. Sit AP velocitas in descensu corporis, & $APq + 2BAP$ resistentia, & $BDq - ABq$ vis gravitatis, existente angulo DBA recto. Et si centro D, vertice principali B, describatur Hyperbola rectangula $BETV$ secans productas DA, DP & DQ in E, T & V; erit Hyperbolæ hujus sector DET ut tempus descensus.



Nam velocitatis incremẽtum PQ, eique proportionalis area DPQ, est ut excessus gravitatis supra resistentiam, id est, ut $BDq - ABq - 2BAP - APq$ seu $BDq - BPq$. Et area DTV est ad aream DPQ ut DTq ad DPq, adeoque ut GTq seu $GDq - BDq$ ad BPq utque GDq ad BDq & divisim ut BDq ad $BDq - BPq$. Quare cum area DPQ sit ut $BDq - BPq$, erit area DTV ut datum BDq. Crescit igitur area EDT uniformiter singulis temporis particulis æqualibus, per additionem totidem datarum particularum DTV, & propterea tempori descensus proportionalis est. *Q. E. D.*

Corol. Igitur velocitas AP est ad velocitatem quam corpus tempore EDT, in spatio non resistente, ascendendo amittere vel descendendo acquirere posset, ut area trianguli DAP ad aream sectoris centro D, radio DA, angulo ADT descripti; ideoque ex dato tempore datur. Nam velocitas, in Medio non resistente, tem-

pori atque adeo sectori huic proportionalis est; in Medio resistente est ut triangulum; & in Medio utroque, ubi quam minima est, accedit ad rationem æqualitatis, pro more sectoris & trianguli.

PROPOSITIO XIV. THEOREMA XI.

Iisdem positis, dico quod spatium ascensu vel descensu descriptum, est ut differentia areæ per quam tempus exponitur, & areæ cujusdam alterius quæ augetur vel diminuitur in progressione Arithmetica; si vires ex resistentia & gravitate compositæ sumantur in progressione Geometrica.

Capiatur AC (in Fig. tribus ultimis,) gravitati, & AK resistentiæ proportionalis. Capiantur autem ad easdem partes puncti A si corpus descendit, aliter ad contrarias. Erigatur Ab quæ sit ad DB ut DBq ad $4BAC$: & area $AbNK$ augebitur vel diminuetur in progressione Arithmetica, dum vires CK in progressione Geometrica sumuntur. Dico igitur quod distantia corporis ab ejus altitudine maxima sit ut excessus areæ $AbNK$ supra aream DET.

Nam cum AK sit ut resistentia, id est, ut $APq+2BAP$; assumatur data quævis quantitas Z, & ponatur AK æqualis $\frac{APq+2BAP}{Z}$; & (per hujus Lemma II.) erit ipsius AK momentum KL æquale $\frac{2APQ+2BA\times PQ}{Z}$ seu $\frac{2BPQ}{Z}$, & areæ $AbNK$ momentum $KLON$ æquale $\frac{2BPQ\times LO}{Z}$ seu $\frac{BPQ\times BD\,cub.}{2Z\times CK\times AB}$.

Cas. 1. Jam si corpus ascendit, sitque gravitas ut $ABq+BDq$ existente BET Circulo, (in Fig. Cas. 1. Prop. XIII.) linea AC, quæ gravitati proportionalis est, erit $\frac{ABq+BDq}{Z}$, & DPq seu $APq+2BAP+ABq+BDq$ erit $AK\times Z+AC\times Z$ seu $CK\times Z$; ideoque area DTV erit ad aream DPQ ut DTq vel DBq ad $CK\times Z$.

Cas.

Caf. 2. Sin corpus afcendit, & gravitas fit ut $ABq - BDq$ linea AC (Fig. Caf. 2. Prop. XIII) erit $\frac{ABq - BDq}{Z}$, & DTq erit ad DPq ut DFq feu DBq ad $BPq - BDq$ feu $APq + 2BAP + ABq - BDq$, id eft, ad $AK \times Z + AC \times Z$ feu $CK \times Z$. Ideoque area DTV erit ad aream DPQ ut DBq ad $CK \times Z$.

Caf. 3. Et eodem argumento, fi corpus defcendit, & propterea gravitas fit ut $BDq - ABq$, & linea AC (Fig. Caf. 3. Prop. præced.) æquetur $\frac{BDq - ABq}{Z}$ erit area DTV ad aream DPQ ut DBq ad $CK \times Z$: ut fupra.

Cum igitur areæ illæ femper fint in hac ratione; fi pro area DTV, qua momentum temporis fibimet ipfi femper æquale exponitur, fcribatur determinatum quodvis rectangulum, puta $BD \times m$, erit area DPQ, id eft, $\frac{1}{2} BD \times PQ$; ad $BD \times m$ ut $CK \times Z$ ad BDq. Atque inde fit $PQ \times BD$ *cub.* æquale $2BD \times m \times CK \times Z$, & areæ $AbNK$ momentum $KLON$ fuperius inventum, fit $\frac{BP \times BD \times m}{AB}$. Auferatur areæ DET momentum DTV feu $BD \times m$, & reftabit $\frac{AP \times BD \times m}{AB}$. Eft igitur differentia momentorum, id eft, momentum differentiæ arearum, æqualis $\frac{AP \times BD \times m}{AB}$; & propterea (ob datum $\frac{BD \times m}{AB}$) ut velocitas AP, id eft, ut momentum fpatii quod corpus afcendendo vel defcendendo defcribit. Ideoque differentia arearum & fpatium illud, proportionalibus momentis crefcentia vel decrefcentia & fimul incipientia vel fimul evanefcentia, funt proportionalia. *Q. E. D.*

Corol. Igitur fi longitudo aliqua V fumatur in ea ratione ad duplum longitudinis M, quæ oritur applicando aream DET ad BD, quam habet linea DA ad lineam DE; fpatium quod corpus afcenfu vel defcenfu toto in Medio refiftente defcribit, erit ad fpatium quod in Medio non refiftente eodem tempore defcribere poffet, ut arearum illarum differentia ad $\frac{BD \times V^2}{4AB}$, ideoque ex dato tempore datur. Nam fpatium in Medio non refiftente eft in duplicata ratione temporis, five ut V^2, & ob datas BD & AB, ut

$\frac{BD \times V^2}{4AB}$. Momentum hujus areæ sive huic æqualis $\frac{DAq \times BD \times M^2}{DEq \times AB}$ est ad momentum differentiæ arearum DET & $AbNK$, ut $\frac{DAq \times BD \times 2M \times m}{DEq \times AB}$ ad $\frac{AP \times BD \times m}{AB}$, hoc est, ut $\frac{DAq \times BD \times M}{DEq}$ ad $\frac{1}{2} BD \times AP$, sive ut $\frac{DAq}{DEq}$ in DET ad DAP; adeoque ubi areæ DET & DAP quam minimæ sunt, in ratione æqualitatis. Æqualis igitur est area quam minima $\frac{BD \times V^2}{4AB}$ differentiæ quam minimæ arearum DET & $AbNK$. Unde cum spatia in Medio utroque, in principio descensus vel fine ascensus simul descripta accedunt ad æqualitatem, adeoque tunc sunt ad invicem ut area $\frac{BD \times V^2}{4AB}$ & arearum DET & $AbNK$ differentia; ob eorum analoga incrementa necesse est ut in æqualibus quibuscunque temporibus sint ad invicem ut area illa $\frac{BD \times V^2}{4AB}$ & arearum DET & $AbNK$ differentia. *Q. E. D.*

SECTIO

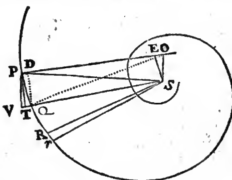
SECTIO IV.

De Corporum Circulari Motu in Mediis resistentibus.

LEMMA III.

Sit PQRr *Spiralis quæ secet radios omnes* SP, SQ, SR, *&c. in æqualibus angulis. Agatur recta* PT *quæ tangat eandem in puncto quovis* P, *secetque radium* SQ *in* T; *& ad Spiralem erectis perpendiculis* PO, QO *concurrentibus in* O, *jungatur* SO. *Dico quod si puncta* P *&* Q *accedant ad invicem & coeant, angulus* PSO *evadet rectus, & ultima ratio rectanguli* TQ × 2PS *ad* PQ*quad. erit ratio æqualitatis.*

Etenim de angulis rectis *OPQ*, *OQR* subducantur anguli æquales *SPQ*, *SQR*, & manebunt anguli æquales *OPS*, *OQS*. Ergo Circulus qui transit per puncta *O*, *S*, *P* transibit etiam per punctum *Q*. Coeant puncta *P* & *Q*, & hic Circulus in loco coitus *PQ* tanget Spiralem, adeoque perpendiculariter secabit rectam *OP*. Fiet igitur *OP* diameter Circuli hujus, & angulus *OSP* in semicirculo rectus. *Q.E.D.*



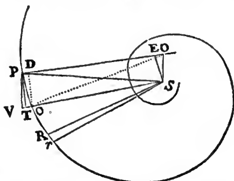
Ad *OP* demittantur perpendicula *QD*, *SE*, & linearum rationes ultimæ erunt hujusmodi: *TQ* ad *PD* ut *TS* vel *PS* ad *PE*, seu 2*PO* ad 2*PS*. Item *PD* ad *PQ* ut *PQ* ad 2*PO*. Et ex æquo perturbate *TQ* ad *PQ* ut *PQ* ad 2*PS*. Unde fit *PQq* æquale *TQ* × 2*PS*. *Q.E.D.*

PROPO-

PROPOSITIO XV. THEOREMA XII.

Si Medii densitas in locis singulis sit reciproce ut distantia locorum a centro immobili, sitque vis centripeta in duplicata ratione densitatis: dico quod corpus gyrari potest in Spirali, quæ radios omnes a centro illo ductos intersecat in angulo dato.

Ponantur quæ in superiore Lemmate, & producatur SQ ad V, ut sit SV æqualis SP. Tempore quovis, in Medio resistente, describat corpus arcum quam minimum PQ, & tempore duplo arcum quam minimum PR; & decrementa horum arcuum ex resistentia oriunda, sive defectus ab arcubus qui in Medio non resistente iisdem temporibus describerentur, erunt ad invicem ut quadrata temporum in quibus generantur: Est itaque decrementum arcus PQ pars quarta decrementi arcus PR. Unde etiam, si areæ PSQ æqualis capiatur area QSr, erit decrementum arcus PQ æquale dimidio lineolæ Rr; adeoque vis resistentiæ & vis centripeta sunt ad invicem ut lineolæ $\frac{1}{2}Rr$ & TQ quas simul generant.



Quoniam vis centripeta, qua corpus urgetur in P, est reciproce ut SPq, & (per Lem. x. Lib. 1,) lineola TQ, quæ vi illa generatur, est in ratione composita ex ratione hujus vis & ratione duplicata temporis quo arcus PQ describitur, (Nam resistentiam in hoc casu, ut infinite minorem quam vis centripeta, negligo) erit $TQ \times SPq$ id est (per Lemma novissimum) $\frac{1}{2}PQq \times SP$, in ratione duplicata temporis, adeoque tempus est ut $PQ \times \sqrt{SP}$; & corporis velocitas, qua arcus PQ illo tempore describitur, ut $\frac{PQ}{PQ \times \sqrt{SP}}$ seu $\frac{1}{\sqrt{SP}}$, hoc est, in subduplicata ratione ipsius SP reciproce. Et simili argumento, velocitas qua arcus QR describitur, est in subduplicata

duplicata ratione ipsius SQ reciproce. Sunt autem arcus illi PQ & QR ut velocitates descriptrices ad invicem, id est, in subduplicata ratione SQ ad SP, sive ut SQ ad $\sqrt{SP \times SQ}$; & ob æquales angulos SPQ, SQr & æquales areas PSQ, QSr, est arcus PQ ad arcum Qr ut SQ ad SP. Sumantur proportionalium consequentium differentiæ, & fiet arcus PQ ad arcum Rr ut SQ ad $SP - \sqrt{SP \times SQ}$, seu $\frac{1}{2}VQ$; nam punctis P & Q coeuntibus, ratio ultima $SP - \sqrt{SP \times SQ}$ ad $\frac{1}{2}VQ$ fit æqualitatis. Quoniam decrementum arcus PQ, ex resistentia oriundum, sive hujus duplum Rr, est ut resistentia & quadratum temporis conjunctim; erit resistentia ut $\frac{Rr}{PQq \times SP}$. Erat autem PQ ad Rr, ut SQ ad $\frac{1}{2}VQ$, & inde $\frac{Rr}{PQq \times SP}$ fit ut $\frac{\frac{1}{2}VQ}{PQ \times SP \times SQ}$ sive ut $\frac{\frac{1}{2}OS}{OP \times SPq}$. Namque punctis P & Q coeuntibus, SP & SQ coincidunt, & angulus PVQ fit rectus; & ob similia triangula PVQ, PSO, fit PQ ad $\frac{1}{2}VQ$ ut OP ad $\frac{1}{2}OS$. Est igitur $\frac{OS}{OP \times SPq}$ ut resistentia, id est, in ratione densitatis Medii in P & ratione duplicata velocitatis conjunctim. Auferatur duplicata ratio velocitatis, nempe ratio $\frac{1}{SP}$, & manebit Medii densitas in P ut $\frac{OS}{OP \times SP}$. Detur Spiralis, & ob datam rationem OS ad OP, densitas Medii in P erit ut $\frac{1}{SP}$. In Medio igitur cujus densitas est reciproce ut distantia a centro SP, corpus gyrari potest in hac Spirali. *Q. E. D.*

Corol. 1. Velocitas in loco quovis P ea semper est quacum corpus in Medio non resistente gyrari potest in Circulo, ad eandem a centro distantiam SP.

Corol. 2. Medii densitas, si datur distantia SP, est ut $\frac{OS}{OP}$, sin distantia illa non datur, ut $\frac{OS}{OP \times SP}$. Et inde Spiralis ad quamlibet Medii densitatem aptari potest.

Corol. 3. Vis resistentiæ in loco quovis P, est ad vim centripe-

tam

tam in eodem loco ut $\frac{1}{2}OS$ ad OP. Nam vires illæ sunt ad invicem ut $\frac{1}{2}Rr$ & TQ sive ut $\frac{\frac{1}{4}VQ \times PQ}{SQ}$ & $\frac{\frac{1}{2}PQq}{SP}$, hoc est, ut $\frac{1}{2}VQ$ & PQ, seu $\frac{1}{2}OS$ & OP. Data igitur Spirali datur proportio resistentiæ ad vim centripetam, & viceversa ex data illa proportione datur Spiralis.

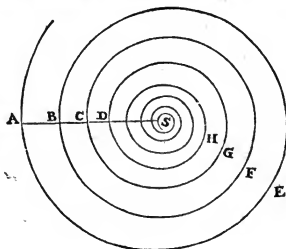
Corol. 4 Corpus itaque gyrari nequit in hac Spirali, nisi ubi vis resistentiæ minor est quam dimidium vis centripetæ. Fiat resistentia æqualis dimidio vis centripetæ & Spiralis conveniet cum linea recta PS, inque hac recta corpus descendet ad centrum, ea cum velocitate quæ sit ad velocitatem qua probavimus in superioribus in casu Parabolæ (Theor. x, Lib. 1,) descensum in Medio non resistente fieri, in subduplicata ratione unitatis ad numerum binarium. Et tempora descensus hic erunt reciproce ut velocitates, atque adeo dantur.

Corol. 5. Et quoniam in æqualibus a centro distantiis velocitas eadem est in Spirali PQR atque in recta SP, & longitudo Spiralis ad longitudinem rectæ PS est in data ratione, nempe in ratione OP ad OS; tempus descensus in Spirali erit ad tempus descensus in recta SP in eadem illa data ratione, proindeque datur.

Corol. 6. Si centro S intervallis duobus quibuscunque datis describantur duo Circuli; & manentibus hisce Circulis, mutetur utcunque angulus quem Spiralis continet cum radio PS: numerus revolutionum quas corpus intra Circulorum circumferentias, pergendo in Spirali a circumferentia ad circumferentiam, complere potest, est ut $\frac{PS}{OS}$, sive ut Tangens anguli illius quem Spiralis continet cum radio PS; tempus vero revolutionum earundem ut $\frac{OP}{OS}$, id est, ut Secans anguli ejusdem, vel etiam reciproce ut Medii densitas.

Corol. 7. Si corpus, in Medio cujus densitas est reciproce ut distantia locorum a centro, revolutionem in Curva quacunque AEB circa centrum illud fecerit, & Radium primum AS in eodem angulo secuerit in B quo prius in A, idque cum velocitate quæ fuerit ad velocitatem suam primam in A reciproce in subduplicata ratione distantiarum a centro (id est, ut AS ad mediam proportionalem inter AS & BS) corpus illud perget innumeras consimiles revolutiones BFC, CGD &c. facere, & intersectionibus

ctionibus distinguet Radium AS in partes AS, BS, CS, DS, &c. continue proportionales. Revolutionum vero tempora erunt ut



perimetri Orbitarum AEB, BFC, CGD, &c. directe, & velocitates in principiis A, B, C, inverse; id est, ut $AS^{\frac{3}{2}}$, $BS^{\frac{3}{2}}$, $CS^{\frac{3}{2}}$. Atque tempus totum, quo corpus perveniet ad centrum, erit ad tempus revolutionis primæ, ut summa omnium continue proportionalium $AS^{\frac{3}{2}}$, $BS^{\frac{3}{2}}$, $CS^{\frac{3}{2}}$ pergentium in infinitum, ad terminum primum $AS^{\frac{3}{2}}$; id est, ut terminus ille primus $AS^{\frac{3}{2}}$ ad differentiam duorum primorum $AS^{\frac{3}{2}} - BS^{\frac{3}{2}}$, sive ut $\frac{2}{3}AS$ ad AB quam proxime. Unde tempus illud totum expedite invenitur.

Corol. 8. Ex his etiam præter propter colligere licet motus corporum in Mediis, quorum densitas aut uniformis est, aut aliam quamcunque legem assignatam observat. Centro S, intervallis continue proportionalibus SA, SB, SC, &c. describe Circulos quotcunque, & statue tempus revolutionum inter perimetros duorum quorumvis ex his Circulis, in Medio de quo egimus, esse ad tempus revolutionum inter eosdem in Medio proposito, ut Medii propositi densitas mediocris inter hos Circulos ad Medii, de quo egimus, densitatem mediocrem inter eosdem quam proxime: Sed & in eadem quoque ratione esse Secantem anguli quo Spiralis præfinita, in Medio de quo egimus, secat radium AS, ad Secantem anguli

quo Spiralis nova secat radium eundem in Medio proposito: Atque etiam ut sunt eorundem angulorum Tangentes ita esse numeros revolutionum omnium inter Circulos eosdem duos quam proxime. Si hæc fiant passim inter Circulos binos, continuabitur motus per Circulos omnes. Atque hoc pacto haud difficulter imaginari possimus quibus modis ac temporibus corpora in Medio quocunque regulari gyrari debebunt.

Corol. 9. Et quamvis motus excentrici in Spiralibus ad formam Ovalium accedentibus peragantur; tamen concipiendo Spiralium illarum singulas revolutiones iisdem ab invicem intervallis distare, iisdemque gradibus ad centrum accedere cum Spirali superius descripta, intelligemus etiam quomodo motus corporum in hujusmodi Spiralibus peragantur.

PROPOSITIO XVI. THEOREMA XIII.

Si Medii densitas in locis singulis sit reciproce ut distantia locorum a centro immobili, sitque vis centripeta reciproce ut dignitas qualibet ejusdem distantiæ: dico quod corpus gyrari potest in Spirali quæ radios omnes a centro illo ductos intersecat in angulo dato.

Demonstratur eadem methodo cum Propositione superiore. Nam si vis centripeta in P sit reciproce ut distantiæ SP dignitas quælibet SP^{n+1} cujus index est $n+1$; colligetur ut supra, quod tempus quo corpus describit arcum quemvis PQ erit ut $PQ \times SP^{\frac{1}{2}n}$, & resistentia in P ut $\frac{Rr}{PQq \times SP^{n}}$, sive ut $\frac{\overline{1-\frac{1}{2}n} \times VQ}{PQ \times SP^{n} \times SQ}$, adeoque ut $\frac{\overline{1-\frac{1}{2}n} \times OS}{OP \times SP^{n+1}}$, hoc est, ob datum $\frac{\overline{1-\frac{1}{2}n} \times OS}{OP}$, reciproce ut SP^{n+1}. Et propterea, cum velocitas sit reciproce ut $SP^{\frac{1}{2}n}$, densitas in P erit reciproce ut SP.

Corol. 1. Resistentia est ad vim centripetam, ut $\overline{1-\frac{1}{2}n} \times OS$ ad OP.

Corol. 2. Si vis centripeta sit reciproce ut $SP\,cub$, erit $1-\frac{1}{2}n=0$; adeoque resistentia & densitas Medii nulla erit, ut in Propositione nona Libri primi.

Corol. 3. Si vis centripeta sit reciproce ut dignitas aliqua radii SP cujus index est major numero 3, resistentia affirmativa in negativam mutabitur.

Scho-

Scholium.

Cæterum hæc Propositio & superiores, quæ ad Media inæqualiter densa spectant, intelligendæ sunt de motu corporum adeo parvorum, ut Medii ex uno corporis latere major densitas quam ex altero non consideranda veniat. Resistentiam quoque cæteris paribus densitati proportionalem esse suppono. Unde in Mediis quorum vis resistendi non est ut densitas, debet densitas eo usque augeri vel diminui, ut resistentiæ vel tollatur excessus vel defectus suppleatur.

PROPOSITIO XVII. PROBLEMA IV.

Invenire & vim centripetam & Medii resistentiam qua corpus in data Spirali, data velocitatis Lege, revolvi potest.

Sit Spiralis illa PQR. Ex velocitate qua corpus percurrit arcum quam minimum PQ dabitur tempus, & ex altitudine TQ, quæ est ut vis centripeta & quadratum temporis, dabitur vis. Deinde ex arearum, æqualibus temporum particulis confectarum PSQ & QSR, differentia RSr, dabitur corporis retardatio, & ex retardatione invenietur resistentia ac densitas Medii.

PROPOSITIO XVIII. PROBLEMA V.

Data Lege vis centripetæ, invenire Medii densitatem in locis singulis, qua corpus datam Spiralem describet.

Ex vi centripeta invenienda est velocitas in locis singulis, deinde ex velocitatis retardatione quærenda Medii densitas: ut in Propositione superiore.

Methodum vero tractandi hæc Problemata aperui in hujus Propositione decima, & Lemmate secundo; & Lectorem in hujusmodi perplexis disquisitionibus diutius detinere nolo. Addenda jam sunt aliqua de viribus corporum ad progrediendum, deque densitate & resistentia Mediorum, in quibus motus hactenus expositi & his affines peraguntur.

SECTIO V.

De Densitate & Compressione Fluidorum; deque Hydrostatica.

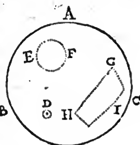
Definitio Fluidi.

Fluidum est corpus omne cujus partes cedunt vi cuicunque illatæ, & cedendo facile moventur inter se.

PROPOSITIO XIX. THEOREMA XIV.

Fluidi homogenei & immoti, quod in vase quocunque immoto clauditur & undique comprimitur, partes omnes (seposita condensationis, gravitatis & virium omnium centripetarum consideratione) æqualiter premuntur undique, & absque omni motu a pressione illa orto permanent in locis suis.

Cas. 1. In vase sphærico *ABC* claudatur & uniformiter comprimatur fluidum undique: dico quod ejusdem pars nulla ex illa pressione movebitur. Nam si pars aliqua *D* moveatur, necesse est ut omnes hujusmodi partes, ad eandem a centro distantiam undique consistentes, simili motu simul moveantur; atque hoc adeo quia similis & æqualis est omnium pressio, & motus omnis exclusus supponitur, nisi qui a pressione illa oriatur. Atqui non possunt omnes ad centrum propius accedere, nisi fluidum ad centrum condensetur; contra Hypothesin. Non possunt longius ab eo recedere, nisi fluidum ad circumferentiam condensetur; etiam contra Hypothesin. Non possunt servata sua a centro distantia moveri in plagam quamcunque, quia pari ratione movebuntur in plagam contrariam; in plagas autem contrarias non potest pars



pars eadem, eodem tempore, moveri. Ergo fluidi pars nulla de loco suo movebitur. *Q. E. D.*

Cas. 2. Dico jam quod fluidi hujus partes omnes sphæricæ æqualiter premuntur undique: sit enim *EF* pars sphærica fluidi, & si hæc undique non premitur æqualiter, augeatur pressio minor, usque dum ipsa undique prematur æqualiter; & partes ejus, per Casum primum, permanebunt in locis suis. Sed ante auctam pressionem permanebunt in locis suis, per Casum eundum primum, & additione pressionis novæ movebuntur de locis suis, per definitionem Fluidi. Quæ duo repugnant. Ergo falso dicebatur quod Sphæra *EF* non undique premebatur æqualiter. *Q. E. D.*

Cas. 3. Dico præterea quod diversarum partium sphæricarum æqualis sit pressio. Nam partes sphæricæ contiguæ se mutuo premunt æqualiter in puncto contactus, per motus Legem III. Sed &, per Casum secundum, undique premuntur eadem vi. Partes igitur duæ quævis sphæricæ non contiguæ, quia pars sphærica intermedia tangere potest utramque, prementur eadem vi. *Q. E. D.*

Cas. 4. Dico jam quod fluidi partes omnes ubique premuntur æqualiter. Nam partes duæ quævis tangi possunt a partibus Sphæricis in punctis quibuscunque, & ibi partes illas Sphæricas æqualiter premunt, per Casum 3. & vicissim ab illis æqualiter premuntur, per Motus Legem tertiam. *Q. E. D.*

Cas. 5. Cum igitur fluidi pars quælibet *GHI* in fluido reliquo tanquam in vase claudatur, & undique prematur æqualiter, partes autem ejus se mutuo æqualiter premant & quiescant inter se; manifestum est quod Fluidi cujuscunque *GHI*, quod undique premitur æqualiter, partes omnes se mutuo premunt æqualiter, & quiescunt inter se. *Q. E. D.*

Cas. 6. Igitur si Fluidum illud in vase non rigido claudatur, & undique non prematur æqualiter, cedet idem pressioni fortiori, per Definitionem Fluiditatis.

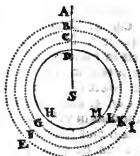
Cas. 7. Ideoque in vase rigido Fluidum non sustinebit pressionem fortiorem ex uno latere quam ex alio, sed eidem cedet, idque in momento temporis, quia latus vasis rigidum non persequitur liquorem cedentem. Cedendo autem urgebit latus oppositum, & sic pressio undique ad æqualitatem verget. Et quoniam Fluidum, quam primum a parte magis pressa recedere conatur, inhibetur per resistentiam vasis ad latus oppositum; reducetur pressio undique ad æqualitatem, in momento temporis, absque motu locali: & subinde partes fluidi, per Casum quintum, se mutuo prement æqualiter, & quiescent inter se. *Q. E. D.*

Corol.

Corol. Unde nec motus partium fluidi inter se, per pressionem fluido ubivis in externa superficie illatam, mutari possunt, nisi quatenus aut figura superficiei alicubi mutatur, aut omnes fluidi partes intensius vel remissius sese premendo difficilius vel facilius labuntur inter se.

PROPOSITIO XX. THEOREMA XV.

Si Fluidi Sphærici, & in æqualibus a centro distantiis homogenei, fundo Sphærico concentrico incumbentis partes singulæ versus centrum totius gravitent; sustinet fundum pondus Cylindri, cujus basis æqualis est superficiei fundi, & altitudo eadem quæ Fluidi incumbentis.



Sit *DHM* superficies fundi, & *AEI* superficies superior fluidi. Superficiebus sphæricis innumeris *BFK*, *CGL* distinguatur fluidum in Orbes concentricos æqualiter crassos; & concipe vim gravitatis agere solummodo in superficiem superiorem Orbis cujusque, & æquales esse actiones in æquales partes superficierum omnium. Premitur ergo superficies suprema *AE* vi simplici gravitatis propriæ, qua & omnes Orbis supremi partes & superficies secunda *BFK* (per Prop. XIX.) pro mensura sua æqualiter premuntur. Premitur præterea superficies secunda *BFK* vi propriæ gravitatis, quæ addita vi priori facit pressionem duplam. Hac pressione, pro mensura sua, & insuper vi propriæ gravitatis, id est pressione tripla, urgetur superficies tertia *CGL*. Et similiter pressione quadrupla urgetur superficies quarta, quintupla quinta, & sic deinceps. Pressio igitur qua superficies unaquæque urgetur, non est ut quantitas solida fluidi incumbentis, sed ut numerus Orbium ad usque summitatem fluidi; & æquatur gravitati Orbis infimi multiplicatæ per numerum Orbium: hoc est, gravitati solidi cujus ultima ratio ad Cylindrum præfinitum, (si modo Orbium augeatur numerus & minuatur crassitudo in infinitum, sic ut actio gravitatis a superficie infima ad supremam continua reddatur) fiet ratio æqualitatis. Sustinet ergo superficies infima pondus Cylindri præfi-

præfiniti. *Q. E. D.* Et simili argumentatione patet Propositio, ubi gravitas decrescit in ratione quavis assignata distantiæ a centro, ut & ubi Fluidum sursum rarius est, deorsum densius. *Q. E. D.*

Corol. 1. Igitur fundum non urgetur a toto fluidi incumbentis pondere, sed eam solummodo ponderis partem sustinet quæ in propositione describitur; pondere reliquo a fluidi figura fornicata sustentato.

Corol. 2. In æqualibus autem a centro distantiis eadem semper est pressionis quantitas, sive superficies pressa sit Horizonti parallela vel perpendicularis vel obliqua; sive fluidum, a superficie pressa sursum continuatum, surgat perpendiculariter secundum lineam rectam, vel serpit oblique per tortas cavitates & canales, easque regulares vel maxime irregulares, amplas vel angustissimas. Hisce circumstantiis pressionem nil mutari colligitur, applicando demonstrationem Theorematis hujus ad Casus singulos Fluidorum.

Corol. 3. Eadem Demonstratione colligitur etiam (per Prop. XIX) quod fluidi gravis partes nullum, ex pressione ponderis incumbentis, acquirunt motum inter se, si modo excludatur motus qui ex condensatione oriatur.

Corol. 4. Et propterea si aliud ejusdem gravitatis specificæ corpus, quod sit condensationis expers, submergatur in hoc fluido, id ex pressione ponderis incumbentis nullum acquiret motum: non descendet, non ascendet, non cogetur figuram suam mutare. Si sphæricum est manebit sphæricum, non obstante pressione; si quadratum est manebit quadratum: idque sive molle sit, sive fluidissimum; sive fluido libere innatet, sive fundo incumbat. Habet enim fluidi pars quælibet interna rationem corporis submersi, & par est ratio omnium ejusdem magnitudinis, figuræ & gravitatis specificæ submersorum corporum. Si corpus submersum servato pondere liquesceret & indueret formam fluidi; hoc, si prius ascenderet vel descenderet vel ex pressione figuram novam indueret, etiam nunc ascenderet vel descenderet vel figuram novam induere cogeretur: id adeo quia gravitas ejus cæteræque motuum causæ permanent. Atqui, per Cas. 5. Prop. XIX, jam quiesceret & figuram retineret. Ergo & prius.

Corol. 5. Proinde corpus quod specifice gravius est quam Fluidum sibi contiguum subsidebit, & quod specifice levius est ascendet, motumque & figuræ mutationem consequetur, quantum excessus ille vel defectus gravitatis efficere possit. Namque excessus ille vel defectus rationem habet impulsus, quo corpus, alias in æquili-

æquilibrio cum fluidi partibus constitutum, urgetur; & comparari potest cum excessu vel defectu ponderis in lance alterutra libræ.

Corol. 6. Corporum igitur in fluidis constitutorum duplex est Gravitas: altera vera & absoluta, altera apparens, vulgaris & comparativa. Gravitas absoluta est vis tota qua corpus deorsum tendit: relativa & vulgaris est excessus gravitatis quo corpus magis tendit deorsum quam fluidum ambiens. Prioris generis Gravitate partes fluidorum & corporum omnium gravitant in locis suis: ideoque conjunctis ponderibus componunt pondus totius. Nam totum omne grave est, ut in vasis liquorum plenis experiri licet; & pondus totius æquale est ponderibus omnium partium, ideoque ex iisdem componitur. Alterius generis Gravitate corpora non gravitant in locis suis, id est, inter se collata non prægravant, sed mutuos ad descendendum conatus impedientia permanent in locis suis, perinde ac si gravia non essent. Quæ in Aere sunt & non prægravant, vulgus gravia non judicat. Quæ prægravant vulgus gravia judicat, quatenus ab Aeris pondere non sustinentur. Pondera vulgi nihil aliud sunt quam excessus verorum ponderum supra pondus Aeris. Unde & vulgo dicuntur levia, quæ sunt minus gravia, Aerique prægravanti cedendo superiora petunt. Comparative levia sunt, non vere, quia descendunt in vacuo. Sic & in Aqua, corpora, quæ ob majorem vel minorem gravitatem descendunt vel ascendunt, sunt comparative & apparenter gravia vel levia, & eorum gravitas vel levitas comparativa & apparens est excessus vel defectus quo vera eorum gravitas vel superat gravitatem aquæ vel ab ea superatur. Quæ vero nec prægravando descendunt, nec prægravanti cedendo ascendunt, etiamsi veris suis ponderibus adaugeant pondus totius, comparative tamen & in sensu vulgi non gravitant in aqua. Nam similis est horum Casuum Demonstratio.

Corol. 7. Quæ de gravitate demonstrantur, obtinent in aliis quibuscunque viribus centripetis.

Corol. 8. Proinde si Medium, in quo corpus aliquod movetur, urgeatur vel a gravitate propria, vel ab alia quacunque vi centripeta, & corpus ab eadem vi urgeatur fortius: differentia virium est vis illa motrix, quam in præcedentibus Propositionibus ut vim centripetam consideravimus. Sin corpus a vi illa urgeatur levius, differentia virium pro vi centrifuga haberi debet.

Corol. 9. Cum autem fluida premendo corpora inclusa non mutent eorum Figuras externas, patet insuper, per Corollarium

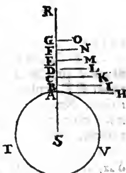
Prop.

Prop. XIX, quod non mutabunt situm partium internarum inter se: proindeque, si Animalia immergantur, & sensatio omnis a motu partium oriatur; nec lædent corpora immersa, nec sensationem ullam excitabunt, nisi quatenus hæc corpora a compressione condensari possunt. Et par est ratio cujuscunque corporum Systematis fluido comprimente circundati. Systematis partes omnes iisdem agitabuntur motibus, ac si in vacuo constituerentur, ac solam retinerent gravitatem suam comparativam, nisi quatenus fluidum vel motibus earum nonnihil resistat, vel ad easdem compressione conglutinandas requiratur.

PROPOSITIO XXI. THEOREMA XVI.

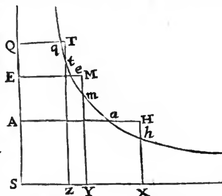
Sit Fluidi cujusdam densitas compressioni proportionalis, & partes ejus a vi centripeta distantiis suis a centro reciproce proportionali deorsum trahantur: dico quod, si distantiæ illæ sumantur continue proportionales, densitates Fluidi in iisdem distantiis erunt etiam continue proportionales.

Designet ATV fundum Sphæricum cui fluidum incumbit, S centrum, SA, SB, SC, SD, SE, &c. distantias continue proportionales. Erigantur perpendicula AH, BI, CK, DL, EM, &c. quæ sint ut densitates Medii in locis A, B, C, D, E; & specificæ gravitates in iisdem locis erunt ut $\frac{AH}{AS}, \frac{BI}{BS}, \frac{CK}{CS}$, &c. vel, quod perinde est, ut $\frac{AH}{AB}, \frac{BI}{BC}, \frac{CK}{CD}$, &c. Finge primum has gravitates uniformiter continuari ab A ad B, a B ad C, a C ad D, &c. factis per gradus decrementis in punctis B, C, D, &c. Et hæ gravitates ductæ in altitudines AB, BC, CD, &c. conficient pressiones AH, BI, CK, quibus fundum ATV (juxta Theorema XV.) urgetur. Sustinet ergo particula A pressiones omnes AH, BI, CK, DL, pergendo in infinitum; & particula B pressiones omnes præter primam AH; & particula C omnes præter duas primas AH, BI; & sic deinceps: adeoque particulæ primæ A densitas AH est ad particulæ secundæ B densitatem



tatem BI ut summa omnium $AH+BI+CK+DL$, in infinitum, ad summam omnium $BI+CK+DL$, &c. Et BI densitas secundæ B, est ad CK densitatem tertiæ C, ut summa omnium $BI+CK+DL$, &c. ad summam omnium $CK+DL$, &c. Sunt igitur summæ illæ differentiis suis AH, BI, CK, &c. proportionales, atque adeo continue proportionales, per hujus Lem. 1. proindeque differentiæ AH, BI, CK, &c. summis proportionales, sunt etiam continue proportionales. Quare cum densitates in locis A, B, C, &c. sint ut AH, BI, CK, &c. erunt etiam hæ continue proportionales. Pergatur per saltum, & (ex æquo) in distantiis SA, SC, SE continue proportionalibus, erunt densitates AH, CK, EM continue proportionales. Et eodem argumento, in distantiis quibusvis continue proportionalibus SA, SD, SG, densitates AH, DL, GO erunt continue proportionales. Coeant jam puncta A, B, C, D, E, &c. eo ut progressio gravitatum specificarum a fundo A ad summitatem Fluidi continua reddatur, & in distantiis quibusvis continue proportionalibus SA, SD, SG, densitates AH, DL, GO, semper existentes continue proportionales, manebunt etiamnum continue proportionales. *Q. E. D.*

Corol. Hinc si detur densitas Fluidi in duobus locis, puta A & E, colligi potest ejus densitas in alio quovis loco Q. Centro S, Asymptotis rectangulis SQ, SX, describatur Hyperbola secans perpendicula AH, EM, QT in a, e, q, ut & perpendicula HX, MY, TZ, ad Asymptoton SX demissa, in h, m & t. Fiat area $ZYmtZ$ ad aream datam $YmhX$ ut area data $EeqQ$ ad aream datam $EeaA$; & linea Zt producta abscindet lineam QT densitati proportionalem. Namque si lineæ SA, SE, SQ sunt continue proportionales, erunt areæ $EeqQ$, $EeaA$ æquales, & inde areæ his proportionales $YmtZ, XhmY$ etiam æquales, & lineæ SX, SY, SZ, id est AH, EM, QT continue proportionales, ut oportet. Et si lineæ SA, SE, SQ obtinent alium quemvis ordinem in serie continue proportionalium, lineæ AH, EM, QT, ob proportionales areas Hyperbolicas, obtinebunt eundem ordinem in alia serie quantitatum continue proportionalium.

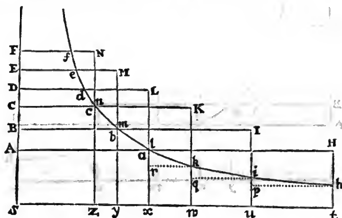


PROPO-

PROPOSITIO XXII. THEOREMA XVII.

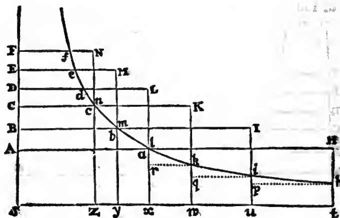
Sit Fluidi cujusdam densitas compressioni proportionalis, & partes ejus a gravitate quadratis distantiarum suarum a centro reciproce proportionali deorsum trahantur: dico quod, si distantiæ sumantur in progressione Musica, densitates Fluidi in his distantiis erunt in progressione Geometrica.

Designet S centrum, & SA, SB, SC, $S\mathcal{D}$, SE distantias in progressione Geometrica. Erigantur perpendicula AH, BI, CK, &c. quæ sint ut Fluidi densitates in locis A, B, C, $\mathcal{D}$, E, &c. & ipsius



gravitates specificæ in iisdem locis erunt $\frac{AH}{SAq}$, $\frac{BI}{SBq}$, $\frac{CK}{SCq}$, &c. Finge has gravitates uniformiter continuari, primam ab A ad B, secundam a B ad C, tertiam a C ad $\mathcal{D}$, &c. Et hæ ductæ in altitudines AB, BC, $C\mathcal{D}$, $\mathcal{D}E$, &c. vel, quod perinde est, in distantias SA, SB, SC, &c. altitudinibus illis proportionales, conficient exponentes pressionum $\frac{AH}{SA}$, $\frac{BI}{SB}$, $\frac{CK}{SC}$, &c. Quare cum densitates sint ut harum pressionum summæ, differentiæ densitatum $AH-BI$, $BI-CK$, &c. erunt ut summarum differentiæ $\frac{AH}{SA}$, $\frac{BI}{SB}$, $\frac{CK}{SC}$, &c.

Centro S, Asymptotis SA, Sx, describatur Hyperbola quævis, quæ secet perpendicula AH, BI, CK, &c. in a, b, c, &c. ut & perpendicula ad Asymptoton Sx demissa Ht, Iu, Kw in h, i, k; & densitatum differentiæ tu, uw, &c. erunt ut $\frac{AH}{SA}$, $\frac{BI}{SB}$, &c. Et rectangula $tu \times th$, $uw \times ui$, &c. seu tp, uq, &c. ut $\frac{AH \times th}{SA}$, $\frac{BI \times ui}{SB}$, &c. id est, ut Aa, Bb, &c. Est enim, ex natura Hyperbolæ, SA ad AH vel St, ut th ad Aa, adeoque $\frac{AH \times th}{SA}$ æquale Aa.



Et simili argumento est $\frac{BI \times ui}{SB}$ æquale Bb, &c. Sunt autem Aa, Bb, Cc, &c. continue proportionales, & propterea differentiis suis $Aa - Bb$, $Bb - Cc$, &c. proportionales; ideoque differentiis hisce proportionalia sunt rectangula tp, uq, &c. ut & summis differentiarum $Aa - Cc$ vel $Aa - Dd$ summæ rectangulorum $tp + uq$ vel $tp + uq + wr$. Sunto ejusmodi termini quam plurimi, & summa omnium differentiarum, puta $Aa - Ff$, erit summæ omnium rectangulorum, puta $zthn$, proportionalis. Augeatur numerus terminorum & minuantur distantiæ punctorum A, B, C, &c. in infinitum, & rectangula illa evadent æqualia areæ Hyperbolicæ $zthn$, adeoque huic areæ proportionalis est differentia $Aa - Ff$. Sumantur

tur jam distantiæ quælibet, puta SA, $S\mathcal{D}$, SF in progressione Musica, & differentiæ $Aa - \mathcal{D}d$, $\mathcal{D}d - Ff$ erunt æquales; & propterea differentiis hisce proportionales areæ $tblx$, $xlnz$ æquales erunt inter se, & densitates St, Sx, Sz, id est, AH, $\mathcal{D}L$, FN, continue proportionales. *Q. E. D.*

Corol. Hinc si dentur Fluidi densitates duæ quævis, puta AH & CK, dabitur area $thkw$ harum differentiæ tw respondens; & inde invenietur densitas FN in altitudine quacunque SF, sumendo aream $thnz$ ad aream illam datam $thkw$ ut est differentia $Aa - Ff$ ad differentiam $Aa - Cc$.

Scholium.

Simili argumentatione probari potest, quod si gravitas particularum Fluidi diminuatur in triplicata ratione distantiarum a centro; & quadratorum distantiarum SA, SB, SC, &c. reciproca (nempe $\frac{SA\,cub.}{SAq}$, $\frac{SA\,cub.}{SBq}$, $\frac{SA\,cub.}{SCq}$) sumantur in progressione Arithmetica; densitates AH, BI, CK, &c. erunt in progressione Geometrica. Et si gravitas diminuatur in quadruplicata ratione distantiarum, & cuborum distantiarum reciproca (puta $\frac{SAqq}{SA\,cub}$, $\frac{SAqq}{SB\,cub.}$, $\frac{SAqq}{SC\,cub.}$, &c.) sumantur in progressione Arithmetica; densitates AH, BI, CK, &c. erunt in progressione Geometrica. Et sic in infinitum. Rursus si gravitas particularum Fluidi in omnibus distantiis eadem sit, & distantiæ sint in progressione Arithmetica, densitates erunt in progressione Geometrica, uti Vir Cl. *Edmundus Halleius* invenit. Si gravitas sit ut distantia, & quadrata distantiarum sint in progressione Arithmetica, densitates erunt in progressione Geometrica. Et sic in infinitum. Hæc ita se habent ubi Fluidi compressione condensati densitas est ut vis compressionis, vel, quod perinde est, spatium a Fluido occupatum reciproce ut hæc vis. Fingi possunt aliæ condensationis Leges, ut quod cubus vis comprimentis sit ut quadrato-quadratum densitatis, seu triplicata ratio Vis æqualis quadruplicatæ rationi densitatis. Quo in casu, si gravitas est reciproce ut quadratum distantiæ a centro, densitas erit reciproce ut cubus distantiæ. Fingatur quod cubus vis comprimentis sit ut quadrato-cubus densitatis, & si gravitas est reciproce ut quadratum distantiæ, densitas erit reciproce in sesquiplicata ratione

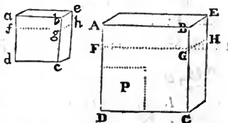
tione

tione distantiæ. Fingatur quod vis comprimens sit in duplicata ratione densitatis, & gravitas reciproce in ratione duplicata distantiæ, & densitas erit reciproce ut distantia. Casus omnes percurrere longum esset.

PROPOSITIO XXIII. THEOREMA XVIII.

Si Fluidi ex particulis se mutuo fugientibus compositi densitas sit ut compressio, vires centrifugæ particularum sunt reciproce proportionales distantiis centrorum suorum. Et vice versa, particulæ viribus quæ sunt reciproce proportionales distantiis centrorum suorum se mutuo fugientes componunt Fluidum Elasticum, cujus densitas est compressioni proportionalis.

Includi intelligatur Fluidum in spatio cubico *ACE*, dein compressione redigi in spatium cubicum minus *ace*; & particularum, similem situm inter se in utroque spatio obtinentium, distantiæ erunt ut cuborum latera *AB*, *ab*; & Medii densitates reciproce ut spatia continentia *AB cub.* & *ab cub.* In latere cubi majoris *ABCD* capiatur quadratum *DP* æquale lateri cubi minoris *db*; & ex Hypothesi, pressio qua quadratum *DP* urget Fluidum inclusum, erit ad pressionem qua latus illud quadratum *db* urget Fluidum inclusum ut Medii densitates ad invicem, hoc est, ut *ab cub.* ad *AB cub.* Sed pressio qua quadratum *DB* urget Fluidum inclusum, est ad pressionem qua quadratum *DP* urget idem Fluidum, ut quadratum *DB* ad quadratum *DP*, hoc est, ut *AB quad.* ad *ab quad.* Ergo, ex æquo, pressio qua latus *DB* urget Fluidum, est ad pressionem qua latus *db* urget Fluidum, ut *ab* ad *AB*. Planis *FGH*, *fgh*, per media cuborum ductis, distinguatur Fluidum in duas partes, & hæ se mutuo prement iisdem viribus, quibus premuntur a planis *AC*, *ac*, hoc est, in proportione *ab* ad *AB*: adeoque vires centrifugæ, quibus hæ pressiones sustinentur, sunt in eadem ratione. Ob eundem particularum numerum similemque situm in utroque cubo, vires quas particulæ omnes secundum plana *FGH*, *fgh* exercent in omnes,



nes, sunt ut vires quas singulæ exercent in singulas. Ergo vires, quas singulæ exercent in singulas secundum planum *FGH* in cubo majore, sunt ad vires quas singulæ exercent in singulas secundum planum *fgh* in cubo minore ut *ab* ad *AB*, hoc est, reciproce ut distantiæ particularum ad invicem. *Q. E. D.*

Et vice versa, si vires particularum singularum sunt reciproce ut distantiæ, id est, reciproce ut cuborum latera *AB*, *ab*; summæ virium erunt in eadem ratione, & pressiones laterum *DB*, *db* ut summæ virium; & pressio quadrati *DP* ad pressionem lateris *DB* ut *ab quad.* ad *AB quad.* Et, ex æquo, pressio quadrati *DP* ad pressionem lateris *db* ut *ab cub.* ad *AB cub.* id est, vis compressionis ad vim compressionis ut densitas ad densitatem. *Q. E. D.*

Scholium.

Simili argumento, si particularum vires centrifugæ sint reciproce in duplicata ratione distantiarum inter centra, cubi virium comprimentium erunt ut quadrato-quadrata densitarum. Si vires centrifugæ sint reciproce in triplicata vel quadruplicata ratione distantiarum, cubi virium comprimentium erunt ut quadrato-cubi vel cubo-cubi densitatum. Et universaliter, si D ponatur pro distantia, & E pro densitate Fluidi compressi, & vires centrifugæ sint reciproce ut distantiæ dignitas quælibet D^n, cujus index est numerus *n*; vires comprimentes erunt ut latera cubica dignitatis E^{n+2}, cujus index est numerus $n+2$: & contra. Intelligenda vero sunt hæc omnia de particularum Viribus centrifugis quæ terminantur in particulis proximis, aut non longe ultra diffunduntur. Exemplum habemus in corporibus Magneticis. Horum Virtus attractiva terminatur fere in sui generis corporibus sibi proximis. Magnetis virtus per interpositam laminam ferri contrahitur, & in lamina fere terminatur. Nam corpora ulteriora non tam a Magnete quam a lamina trahuntur. Ad eundem modum si particulæ fugant alias sui generis particulas sibi proximas, in particulas autem remotiores virtutem nullam exerceant, ex hujusmodi particulis componentur Fluida de quibus actum est in hac Propositione. Quod si particulæ cujusque virtus in infinitum propagetur, opus erit vi majori ad æqualem condensationem majoris quantitatis Fluidi. An vero Fluida Elastica ex particulis se mutuo fugantibus constent, Quæstio Physica est. Nos proprietatem Fluidorum ex ejusmodi particulis constantium Mathematice demonstravimus, ut Philosophis ansam præbeamus Quæstionem illam tractandi.

SECTIO

SECTIO VI.

De Motu & Resistentia Corporum Funependulorum.

PROPOSITIO XXIV. THEOREMA XIX.

Quantitates materiæ in corporibus funependulis, quorum centra oscillationum a centro suspensionis æqualiter distant, sunt in ratione composita ex ratione ponderum & ratione duplicata temporum oscillationum in vacuo.

Nam velocitas, quam data vis in data materia dato tempore generare potest, est ut vis & tempus directe, & materia inverse. Quo major est vis vel majus tempus vel minor materia, eo major generabitur velocitas. Id quod per motus Legem secundam manifestum est. Jam vero si Pendula ejusdem sint longitudinis, vires motrices in locis a perpendiculo æqualiter distantibus sunt ut pondera: ideoque si corpora duo oscillando describant arcus æquales, & arcus illi dividantur in partes æquales; cum tempora quibus corpora describant singulas arcuum partes correspondentes sint ut tempora oscillationum totarum, erunt velocitates ad invicem in correspondentibus oscillationum partibus, ut vires motrices & tota oscillationum tempora directe & quantitates materiæ reciproce: adeoque quantitates materiæ ut vires & oscillationum tempora directe & velocitates reciproce. Sed velocitates reciproce sunt ut tempora, atque adeo tempora directe & velocitates reciproce sunt ut quadrata temporum, & propterea quantitates materiæ sunt ut vires motrices & quadrata temporum, id est, ut pondera & quadrata temporum. *Q. E. D.*

Corol. 1. Ideoque si tempora sunt æqualia, quantitates materiæ in singulis corporibus erunt ut pondera.

Corol. 2. Si pondera sunt æqualia, quantitates materiæ erunt ut quadrata temporum.

Corol. 3. Si quantitates materiæ æquantur, pondera erunt reciproce ut quadrata temporum.

Corol.

Corol. 4. Unde cum quadrata temporum, cæteris paribus, sint ut longitudines pendulorum; si & tempora & quantitates materiæ æqualia sunt, pondera erunt ut longitudines pendulorum.

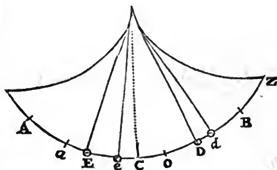
Corol. 5. Et universaliter, quantitas materiæ pendulæ est ut pondus & quadratum temporis directe, & longitudo penduli inverse.

Corol. 6. Sed & in Medio non resistente quantitas materiæ pendulæ est ut pondus comparativum & quadratum temporis directe & longitudo penduli inverse. Nam pondus comparativum est vis motrix corporis in Medio quovis gravi, ut supra explicui; adeoque idem præstat in tali Medio non resistente atque pondus absolutum in vacuo.

Corol. 7. Et hinc liquet ratio tum comparandi corpora inter se, quoad quantitatem materiæ in singulis; tum comparandi pondera ejusdem corporis in diversis locis, ad cognoscendam variationem gravitatis. Factis autem experimentis quam accuratissimis inveni semper quantitatem materiæ in corporibus singulis eorum ponderi proportionalem esse.

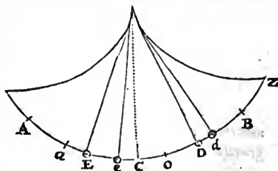
PROPOSITIO XXV. THEOREMA XX.

Corpora Funependula quibus, in Medio quovis, resistitur in ratione momentorum temporis, & corpora Funependula quæ in ejusdem gravitatis specificæ Medio non resistente moventur, oscillationes in Cycloide eodem tempore peragunt, & arcuum partes proportionales simul describunt.



Sit *AB* Cycloidis arcus, quem corpus *D* tempore quovis in Medio non resistente oscillando describit. Bisecetur idem in *C*, ita ut *C* sit infimum ejus punctum; & erit vis acceleratrix qua corpus urgetur in loco quovis *D* vel *d* vel *E* ut longitudo arcus *CD* vel *Cd* vel *CE*. Exponatur vis illa per eundem arcum; & cum resistentia sit ut momentum temporis, adeoque detur, exponatur

 tur eadem per datam arcus Cycloidis partem *CO*, & sumatur arcus *Od* in ratione ad arcum *CD* quam habet arcus *OB* ad arcum *CB*: & vis qua corpus in *d* urgetur in Medio resistente, cum sit excessus vis *Cd* supra resistentiam *CO*, exponetur per arcum *Od*, adeoque erit ad vim qua corpus *D* urgetur in Medio non resistente, in loco *D*, ut arcus *Od* ad arcum *CD*; & propterea etiam in loco *B* ut arcus *OB* ad arcum *CB*. Proinde si corpora duo, *D*, *d* exeant de loco *B*, & his viribus urgeantur: cum vires sub initio sint ut arcus *CB* & *OB*, erunt velocitates primæ & arcus primo descripti in eadem ratione. Sunto arcus illi *BD* & *Bd*, & arcus reliqui *CD*, *Od* erunt in eadem ratione. Proinde vires, ipsis *CD*, *Od* proportionales, manebunt in eadem ratione ac sub initio, & propterea corpora pergent arcus in eadem ratione simul describere. Igitur vires & velocitates & arcus reliqui *CD*, *Od* semper erunt ut arcus toti *CB*, *OB*, & propterea arcus illi reliqui simul describentur. Quare corpora duo *D*, *d* simul pervenient ad loca *C* & *O*, alterum quidem in Medio non resistente ad locum *C*, & alterum in Medio resistente ad locum *O*. Cum autem velocitates in *C* & *O* sint ut arcus *CB*, *OB*; erunt arcus quos corpora ulterius pergendo simul describunt, in eadem ratione. Sunto illi *CE* & *Oe*. Vis qua corpus *D* in Medio non resistente retardatur in *E* est ut *CE*, & vis qua corpus *d* in Medio resistente retardatur in *e* est ut summa vis *Ce* & resistentiæ *CO*, id est ut *Oe*; ideoque vires, quibus corpora retardantur, sunt ut arcubus *CE*, *Oe* proportionales arcus *CB*, *OB*; proindeque velocitates, in data illa ratione retardatæ, manent in eadem illa data ratione. Velocitates igitur & arcus iisdem descripti semper sunt ad invicem in data illa ratione arcuum *CB* & *OB*; & propterea si sumantur arcus toti *AB*, *aB* in eadem ratione, corpora *D*, *d* simul describent hos arcus, & in locis *A* & *a* motum omnem simul amittent. Isochronæ sunt igitur oscillationes totæ, & arcubus totis *BA*, *Ba* proportionales sunt arcuum partes quælibet *BD*, *Bd* vel *BE*, *Be* quæ simul describuntur. *Q. E. D.*



Corol.

Corol. Igitur motus velocissimus in Medio resistente non incidit in punctum infimum *C*, sed reperitur in puncto illo *O*, quo arcus totus descriptus *aB* bisecatur. Et corpus subinde pergendo ad *a*, iisdem gradibus retardatur quibus antea accelerabatur in descensu suo a *B* ad *O*.

PROPOSITIO XXVI. THEOREMA XXI.

Corporum Funependulorum, quibus resistitur in ratione velocitatum, oscillationes in Cycloide sunt Isochronæ.

Nam si corpora duo, a centris suspensionum æqualiter distantia, oscillando describant arcus inæquales, & velocitates in arcuum partibus correspondentibus sint ad invicem ut arcus toti: resistentiæ velocitatibus proportionales, erunt etiam ad invicem ut iidem arcus. Proinde si viribus motricibus a gravitate oriundis, quæ sint ut iidem arcus, auferantur vel addantur hæ resistentiæ, erunt differentiæ vel summæ ad invicem in eadem arcuum ratione: cumque velocitatum incrementa vel decrementa sint ut hæ differentiæ vel summæ, velocitates semper erunt ut arcus toti: Igitur velocitates, si sint in aliquo casu ut arcus toti, manebunt semper in eadem ratione. Sed in principio motus, ubi corpora incipiunt descendere & arcus illos describere, vires, cum sint arcubus proportionales, generabunt velocitates arcubus proportionales. Ergo velocitates semper erunt ut arcus toti describendi, & propterea arcus illi simul describentur. *Q. E. D.*

PROPOSITIO XXVII. THEOREMA XXII.

Si Corporibus Funependulis resistitur in duplicata ratione velocitatum, differentiæ inter tempora oscillationum in Medio resistente ac tempora oscillationum in ejusdem gravitatis specificæ Medio non resistente, erunt arcubus oscillando descriptis proportionales, quam proxime.

Nam pendulis æqualibus in Medio resistente describantur arcus inæquales A, B; & resistentia corporis in arcu A, erit ad resistentiam corporis in parte correspondente arcus B, in duplicata ratione velocitatum, id est, ut AA ad BB, quam proxime. Si resi-

stentia in arcu B esset ad resistentiam in arcu A ut AB ad AA; tempora in arcubus A & B forent æqualia, per Propositionem superiorem. Ideoque resistentia AA in arcu A, vel AB in arcu B, efficit excessum temporis in arcu A supra tempus in Medio non resistente; & resistentia BB efficit excessum temporis in arcu B supra tempus in Medio non resistente. Sunt autem excessus illi ut vires efficientes AB & BB quam proxime, id est, ut arcus A & B. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc ex oscillationum temporibus, in Medio resistente, in arcubus inæqualibus factarum, cognosci possunt tempora oscillationum in ejusdem gravitatis specificæ Medio non resistente. Nam differentia temporum erit ad excessum temporis in arcu minore supra tempus in Medio non resistente, ut differentia arcuum ad arcum minorem.

Corol. 2. Oscillationes breviores sunt magis Isochronæ, & brevissimæ iisdem temporibus peraguntur ac in Medio non resistente, quam proxime. Earum vero quæ in majoribus arcubus fiunt, temra sunt paulo majora, propterea quod resistentia in descensu corporis qua tempus producitur, major sit pro ratione longitudinis in descensu descriptæ, quam resistentia in ascensu subsequente qua tempus contrahitur. Sed & tempus oscillationum tam brevium quam longarum nonnihil produci videtur per motum Medii. Nam corporibus tardescentibus paulo minus resistitur, pro ratione velocitatis, & corporibus acceleratis paulo magis quam iis quæ uniformiter progrediuntur: id adeo quia Medium, eo quem a corporibus accepit motu, in eandem plagam pergendo, in priore casu magis agitatur, in posteriore minus; ac proinde magis vel minus cum corporibus motis conspirat. Pendulis igitur in descensu magis resistit, in ascensu minus quam pro ratione velocitatis, & ex utraque causa tempus producitur.

PROPOSITIO XXVIII. THEOREMA XXIII.

Si Corpori Funependulo in Cycloide oscillanti resistitur in ratione momentorum temporis, erit ejus resistentia ad vim gravitatis ut excessus arcus descensu toto descripti supra arcum ascensu subsequente descriptum, ad penduli longitudinem duplicatam.

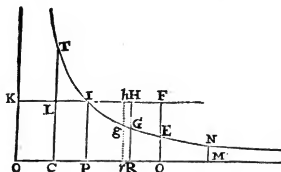
Designet *BC* arcum descensu descriptum, *Ca* arcum ascensu descriptum, & *Aa* differentiam arcuum: & stantibus quæ in Propositione

ſitione xxv conſtructa & demonſtrata ſunt, erit vis qua corpus oſcillans urgetur in loco quovis *D*, ad vim reſiſtentiæ ut arcus *CD* ad arcum *CO*, qui ſemiſſis eſt differentiæ illius *Aa*. Ideoque vis qua corpus oſcillans urgetur in Cycloidis principio ſeu puncto altiſſimo, id eſt, vis gravitatis, erit ad reſiſtentiam ut arcus Cycloidis inter punctum illud ſupremum & punctum infimum *C* ad arcum *CO*; id eſt (ſi arcus duplicentur) ut Cycloidis totius arcus, ſeu dupla penduli longitudo, ad arcum *Aa*. *Q. E. D.*

PROPOSITIO XXIX. PROBLEMA VI.

Poſito quod Corpori in Cycloide oſcillanti reſiſtitur in duplicata ratione velocitatis: invenire reſiſtentiam in locis ſingulis.

Sit *Ba* (Fig. Prop. xxv) arcus oſcillatione integra deſcriptus, ſitque *C* infimum Cycloidis punctum, & *CZ* ſemiſſis arcus Cycloidis totius, longitudini Penduli æqualis; & quæratur reſiſtentia cor-

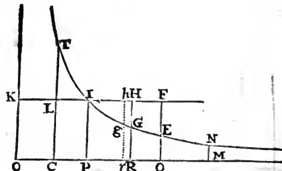


poris in loco quovis *D*. Secetur recta infinita *OQ* in punctis *O*, *C*, *P*, *Q*, ea lege, ut (ſi erigantur perpendicula *OK*, *CT*, *PI*, *QE*, centroque *O* & Aſymptotis *OK*, *OQ* deſcribatur Hyperbola *TIGE* ſecans perpendicula *CT*, *PI*, *QE* in *T*, *I* & *E*, & per punctum *I* agatur *KF* parallela Aſymptoto *OQ* occurrens Aſymptoto *OK* in *K*, & perpendiculis *CT* & *QE* in *L* & *F*) fuerit area Hyperbolica *PIEQ* ad aream Hyperbolicam *PITC* ut arcus *BC* deſcenſu corporis deſcriptus ad arcum *Ca* aſcenſu deſcriptum, & area *IEF* ad

aream

aream ILT ut OQ ad OC. Dein perpendiculo MN abscindatur area Hyperbolica $PINM$ quæ sit ad aream Hyperbolicam $PIEQ$ ut arcus CZ ad arcum BC descensu descriptum. Et si perpendiculo RG abscindatur area Hyperbolica $PIGR$, quæ sit ad aream $PIEQ$ ut arcus quilibet CD ad arcum BC descensu toto descriptum: erit resistentia in loco D ad vim gravitatis, ut area $\frac{OR}{OQ}IEF-IGH$ ad aream $PIENM$.

Nam cum vires a gravitate oriundæ quibus corpus in locis Z, B, D, a urgetur, sint ut arcus CZ, CB, CD, Ca, & arcus illi sint ut areæ $PINM, PIEQ, PIGR, PITC$; exponantur tum arcus tum vires per has areas respective. Sit insuper Dd spatium quam minimum a corpore descendente descriptum, & exponatur idem per aream quam minimam $RGgr$ parallelis RG, rg comprehensam; & pro-



ducatur rg ad h, ut sint $GHhg$, & $RGgr$ contemporanea arearum $IGH, PIGR$ decrementa. Et areæ $\frac{OR}{OQ}IEF-IGH$ incrementum $GHhg-\frac{Rr}{OQ}IEF$, seu $Rr \times HG-\frac{Rr}{OQ}IEF$, erit ad areæ $PIGR$ decrementum $RGgr$ seu $Rr \times RG$, ut $HG-\frac{IEF}{OQ}$ ad RG; adeoque ut $OR \times HG-\frac{OR}{OQ}IEF$ ad $OR \times GR$ seu $OP \times PI$, hoc est (ob æqualia $OR \times HG$, $OR \times HR - OR \times GR$, $ORHK-OPIK$, $PIHR$ & $PIGR+IGH$) ut $PIGR+IGH-\frac{OR}{OQ}IEF$ ad $OPIK$. Igitur si area $\frac{OR}{OQ}IEF-IGH$

dicatur

dicatur Y, atque areæ *PIGR* decrementum *RGgr* detur, erit incrementum areæ Y ut *PIGR* − Y.

Quod si V designet vim a gravitate oriundam, arcui describendo *CD* proportionalem, qua corpus urgetur in *D*: & R pro resistentia ponatur: erit V − R vis tota qua corpus urgetur in *D*. Est itaque incrementum velocitatis ut V − R & particula illa temporis in qua factum est conjunctim: Sed & velocitas ipsa est ut incrementum contemporaneum spatii descripti directe & particula eadem temporis inverse. Unde, cum resistentia (per Hypothesin) sit ut quadratum velocitatis, incrementum resistentiæ (per Lem. 11) erit ut velocitas & incrementum velocitatis conjunctim, id est, ut momentum spatii & V − R conjunctim; atque adeo, si momentum spatii detur, ut V − R; id est, si pro vi V scribatur ejus exponens *PIGR*, & resistentia R exponatur per aliam aliquam aream Z, ut *PIGR* − Z.

Igitur area *PIGR* per datorum momentorum subductionem uniformiter decrescente, crescunt area Y in ratione *PIGR* − Y, & area Z in ratione *PIGR* − Z. Et propterea si areæ Y & Z simul incipiant & sub initio æquales sint, hæ per additionem æqualium momentorum pergent esse æquales, & æqualibus itidem momentis subinde decrescentes simul evanescent. Et vicissim, si simul incipiunt & simul evanescunt, æqualia habebunt momenta & semper erunt æquales: id adeo quia si resistentia Z augeatur, velocitas una cum arcu illo *Ca*, qui in ascensu corporis describitur, diminuetur; & puncto in quo motus omnis una cum resistentia cessat propius accedente ad punctum *C*, resistentia citius evanescet quam area Y. Et contrarium eveniet ubi resistentia diminuitur.

Jam vero area Z incipit desinitque ubi resistentia nulla est, hoc est, in principio & fine motus, ubi arcus *CD*, *CD* arcubus *CB* & *Ca* æquantur, adeoque ubi recta *RG* incidit in rectas *QE* & *CT*. Et area Y seu $\frac{OR}{OQ} IEF - IGH$ incipit desinitque ubi nulla est, adeoque ubi $\frac{OR}{OQ} IEF$ & *IGH* æqualia sunt: hoc est (per constructionem) ubi recta *RG* incidit in rectas *QE* & *CT*. Proindeque areæ illæ simul incipiunt & simul evanescunt, & propterea semper sunt æquales. Igitur area $\frac{OR}{OQ} IEF - IGH$ æqualis est areæ Z, per quam resistentia exponitur, & propterea est ad aream *PINM* per quam gravitas exponitur, ut resistentia ad gravitatem. *Q.E.D.*

Corol.

Corol. 1. Est igitur resistentia in loco infimo *C* ad vim gravitatis, ut area $\frac{OP}{OQ} IEF$ ad aream *PINM.*

Corol. 2. Fit autem maxima, ubi area *PIHR* est ad aream *IEF* ut *OR* ad *OQ.* Eo enim in casu momentum ejus (nimirum $PIGR - Y$) evadit nullum.

Corol. 3. Hinc etiam innotescit velocitas in locis singulis: quippe quæ est in subduplicata ratione resistentiæ, & ipso motus initio æquatur velocitati corporis in eadem Cycloide absque omni resistentia oscillantis.

Cæterum ob difficilem calculum quo resistentia & velocitas per hanc Propositionem inveniendæ sunt, visum est Propositionem sequentem subjungere, quæ & generalior sit & ad usus Philosophicos abunde satis accurata.

PROPOSITIO XXX. THEOREMA XXIV.

Si recta aB *æqualis sit Cycloidis arcui quem corpus oscillando describit, & ad singula ejus puncta* D *erigantur perpendicula* DK, *quæ sint ad longitudinem Penduli ut resistentia corporis in arcus punctis correspondentibus ad vim gravitatis: dico quod differentia inter arcum descensu toto descriptum, & arcum ascensu toto subsequente descriptum, ducta in arcuum eorundem semisummam, æqualis erit areæ* BKaB *a perpendiculis omnibus* DK *occupatæ.*

Exponatur enim tum Cycloidis arcus, oscillatione integra descriptus, per rectam illam sibi æqualem *aB*, tum arcus qui describeretur in vacuo per longitudinem *AB*. Bisecetur *AB* in *C*, & punctum *C* repræsentabit infimum Cycloidis punctum, & erit *CD* ut vis a gravitate oriunda, qua corpus in *D* secundum tangentem Cycloidis urgetur, eamque habebit rationem ad longitudinem Penduli quam habet vis in *D* ad vim gravitatis. Exponatur igitur vis illa per longitudinem *CD*, & vis gravitatis per longitudinem penduli, & si in *DE* capiatur *DK* in ea ratione ad longitudinem penduli

penduli quam habet reſiſtentia ad gravitatem, erit DK exponens reſiſtentiæ. Centro C & intervallo CA vel CB conſtruatur Semicirculus $BEeA$. Deſcribat autem corpus tempore quam minimo ſpatium Dd, & erectis perpendiculis DE, de circumferentiæ occurrentibus in E & e, erunt hæc ut velocitates quas corpus in vacuo, deſcendendo a puncto B, acquireret in locis D & d. Patet hoc per Prop. LII. Lib. I. Exponantur itaque hæ velocitates per perpendicula illa DE, de; ſitque DF velocitas quam acquirit in D cadendo de B in Medio reſiſtente. Et ſi centro C & intervallo CF deſcribatur Circulus FfM occurrens rectis de & AB in f & M, erit M locus ad quem deinceps abſque ulteriore reſiſtentia aſcenderet, & df velocitas quam acquireret in d. Unde etiam ſi Fg deſignet velocitatis momentum quod corpus D, deſcribendo ſpatium quam minimum Dd, ex reſiſtentia Medii amittit; & ſumatur CN æqualis Cg: erit N locus ad quem corpus deinceps abſque ulteriore reſiſtentia aſcenderet, & MN erit decrementum aſcenſus ex velocitatis illius amiſſione oriundum. Ad df demittatur perpendiculum Fm, & velocitatis DF decrementum Fg a reſiſtentia DK genitum, erit ad velocitatis ejuſdem incrementum fm a vi CD genitum, ut vis generans DK ad vim generantem CD. Sed & ob ſimilia triangula Fmf, Fhg, FDC, eſt fm ad Fm ſeu Dd, ut CD ad DF; & ex æquo Fg ad Dd ut DK ad DF. Item Fh ad Fg ut DF ad CF; & ex æquo perturbate, Fh ſeu MN ad Dd ut DK ad CF ſeu CM; ideoque ſumma omnium $MN \times CM$ æqualis erit ſummæ omnium $Dd \times DK$. Ad punctum mobile M erigi ſemper intelligatur ordinata rectangula æqualis indeterminatæ CM, quæ motu continuo ducatur in totam longitudinem Aa; & trapezium ex illo motu deſcriptum ſive huic æquale rectangulum $Aa \times \frac{1}{2} aB$ æquabitur ſummæ omnium $MN \times CM$, adeoque ſummæ omnium $Dd \times DK$, id eſt, areæ $BKkVTa$. Q. E. D.

Corol. Hinc ex lege reſiſtentiæ & arcuum Ca, CB differentia Aa, colligi poteſt proportio reſiſtentiæ ad gravitatem quam proxime.

Nam ſi uniformis ſit reſiſtentia DK, Figura $aBKkT$ rectangulum erit ſub Ba & DK; & inde rectangulum ſub $\frac{1}{2}Ba$ & Aa erit æquale rectangulo ſub Ba & DK, & DK æqualis erit $\frac{1}{2}Aa$. Quare cum DK ſit exponens reſiſtentiæ, & longitudo penduli exponens gravitatis, erit reſiſtentia ad gravitatem ut $\frac{1}{2}Aa$ ad longitudinem Penduli; omnino ut in Prop. XXVIII demonſtratum eſt.

Si reſiſtentia ſit ut velocitas, Figura $aBKkT$ Ellipſis erit quam proxime. Nam ſi corpus, in Medio non reſiſtente, oſcillatione integra deſcriberet longitudinem BA, velocitas in loco quovis D foret ut Circuli diametro AB deſcripti ordinatim applicata DE. Proinde cum Ba in Medio reſiſtente, & BA in Medio non reſiſtente, æqualibus circiter temporibus deſcribantur; adeoque velocitates in ſingulis ipſius Ba punctis, ſint quam proxime ad velocitates in punctis correſpondentibus longitudinis BA, ut eſt Ba ad BA; erit velocitas DK in Medio reſiſtente ut Circuli vel Ellipſeos ſuper diametro Ba deſcripti ordinatim applicata; adeoque Figura $BKVTa$ Ellipſis, quam proxime. Cum reſiſtentia velocitati proportionalis ſupponatur, ſit OV exponens reſiſtentiæ in puncto Medio O; & Ellipſis $aBRVS$, centro O, ſemiaxibus OB, OV deſcripta, Figuram $aBKVT$, eique æquale rectangulum $Aa \times BO$, æquabit quamproxime. Eſt igitur $Aa \times BO$ ad $OV \times BO$ ut area Ellipſeos hujus ad $OV \times BO$: id eſt, Aa ad OV ut area ſemicirculi ad quadratum radii, ſive ut 11 ad 7 circiter: Et propterea $\frac{7}{11}Aa$ ad longitudinem penduli ut corporis oſcillantis reſiſtentia in O ad ejuſdem gravitatem.

Quod ſi reſiſtentia DK ſit in duplicata ratione velocitatis, Figura $BKVTa$ Parabola erit verticem habens V & axem OV, ideoque æqualis erit rectangulo ſub $\frac{2}{3}Ba$ & OV quam proxime. Eſt igitur rectangulum ſub $\frac{1}{2}Ba$ & Aa æquale rectangulo ſub $\frac{2}{3}Ba$ & OV, adeoque OV æqualis $\frac{3}{4}Aa$: & propterea corporis oſcillantis reſiſtentia in O ad ipſius gravitatem ut $\frac{3}{4}Aa$ ad longitudinem Penduli.

Atque has concluſiones in rebus practicis abunde ſatis accuratas eſſe cenſeo. Nam cum Ellipſis vel Parabola $BRVSa$ congruat

cum

cum Figura $BKVTa$ in puncto medio V, hæc si ad partem alterutram BRV vel VSa excedit Figuram illam, deficiet ab eadem ad partem alteram, & sic eidem æquabitur quam proxime.

PROPOSITIO XXXI. THEOREMA XXV.

Si Corporis oscillantis resistentia in singulis arcuum descriptorum partibus proportionalibus augeatur vel minuatur in data ratione; differentia inter arcum descensu descriptum & arcum subsequente ascensu descriptum, augebitur vel diminuetur in eadem ratione.

Oritur enim differentia illa ex retardatione Penduli per resistentiam Medii, adeoque est ut retardatio tota eique proportionalis resistentia retardans. In superiore Propositione rectangulum sub recta $\frac{1}{2}aB$ & arcuum illorum CB, Ca differentia Aa, æqualis erat areæ BKT. Et area illa, si maneat longitudo aB, augetur vel diminuitur in ratione ordinatim applicatarum DK; hoc est, in ratione resistentiæ, adeoque est ut longitudo aB & resistentia conjunctim. Proindeque rectangulum sub Aa & $\frac{1}{2}aB$ est ut aB & resistentia conjunctim, & propterea Aa ut resistentia. *Q. E. D.*

Corol. 1. Unde si resistentia sit ut velocitas, differentia arcuum in eodem Medio erit ut arcus totus descriptus: & contra.

Corol. 2. Si resistentia sit in duplicata ratione velocitatis, differentia illa erit in duplicata ratione arcus totius: & contra.

Corol. 3. Et universaliter, si resistentia sit in triplicata vel alia quavis ratione velocitatis, differentia erit in eadem ratione arcus totius: & contra.

Corol. 4. Et si resistentia sit partim in ratione simplici velocitatis, partim in ejusdem ratione duplicata, differentia erit partim in ratione arcus totius & partim in ejus ratione duplicata: & contra. Eadem erit lex & ratio resistentiæ pro velocitate, quæ est differentiæ illius pro longitudine arcus.

Corol. 5. Ideoque si, pendulo inæquales arcus successive describente, inveniri potest ratio incrementi ac decrementi differentiæ hujus pro longitudine arcus descripti; habebitur etiam ratio incrementi ac decrementi resistentiæ pro velocitate majore vel minore.

Scholium Generale.

Ex his Propofitionibus, per ofcillationes Pendulorum in Mediis quibufcunque, invenire licet refiftentiam Mediorum. Aeris vero refiftentiam inveftigavi per Experimenta fequentia. Globum ligneum pondere unciarum *Romanarum* $57\frac{7}{22}$, diametro digitorum *Londinenfium* $6\frac{7}{8}$ fabricatum, filo tenui ab unco fatis firmo fufpendi, ita ut inter uncum & centrum ofcillationis Globi diftantia effet pedum $10\frac{1}{2}$. In filo punctum notavi pedibus decem & uncia una a centro fufpenfionis diftans; & e regione puncti illius collocavi Regulam in digitos diftinctam, quorum ope notarem longitudines arcuum a Pendulo defcriptas. Deinde numeravi ofcillationes quibus Globus octavam motus fui partem amitteret. Si pendulum deducebatur a perpendiculo ad diftantiam duorum digitorum, & inde demittebatur; ita ut toto fuo defcenfu defcriberet arcum duorum digitorum, totaque ofcillatione prima, ex defcenfu & afcenfu fubfequente compofita, arcum digitorum fere quatuor: idem ofcillationibus 164 amifit octavam motus fui partem, fic ut ultimo fuo afcenfu defcriberet arcum digiti unius cum tribus partibus quartis digiti. Si primo defcenfu defcripfit arcum digitorum quatuor; amifit octavam motus partem ofcillationibus 121, ita ut afcenfu ultimo defcriberet arcum digitorum $3\frac{1}{2}$. Si primo defcenfu defcripfit arcum digitorum octo, fexdecim, triginta duorum vel fexaginta quatuor; amifit octavam motus partem ofcillationibus 69, $35\frac{1}{2}$, $18\frac{1}{2}$, $9\frac{2}{3}$, refpective. Igitur differentia inter arcus defcenfu primo & afcenfu ultimo defcriptos, erat in cafu primo, fecundo, tertio, quarto, quinto, fexto, digitorum $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4, 8 refpective. Dividantur eæ differentiæ per numerum ofcillationum in cafu unoquoque, & in ofcillatione una mediocri, qua arcus digitorum $3\frac{3}{4}$, $7\frac{1}{2}$, 15, 30, 60, 120 defcriptus fuit, differentia arcuum defcenfu & fubfequente afcenfu defcriptorum, erit $\frac{1}{656}$, $\frac{1}{242}$, $\frac{1}{69}$, $\frac{4}{71}$, $\frac{8}{37}$, $\frac{24}{29}$ partes digiti refpective. Hæ autem in majoribus ofcillationibus funt in duplicata ratione arcuum defcriptorum quam proxime, in minoribus vero paulo majores quam in ea ratione; & propterea (per Corol. 2. Prop. XXXI Libri hujus) refiftentia Globi, ubi celerius movetur, eft in duplicata ratione velocitatis quam proxime; ubi tardius, paulo major quam in ea ratione.

Defignet

Designet jam V velocitatem maximam in oscillatione quavis, sintque A, B, C quantitates datæ, & fingamus quod differentia arcuum sit $AV + BV^{\frac{3}{2}} + CV^2$. Cum velocitates maximæ sint in Cycloide ut semisses arcuum oscillando descriptorum, in Circulo vero ut semissium arcuum illorum chordæ; adeoque paribus arcubus majores sint in Cycloide quam in Circulo, in ratione semissium arcuum ad eorundem chordas; tempora autem in Circulo sint majora quam in Cycloide in velocitatis ratione reciproca; patet arcuum differentias (quæ sunt ut resistentia & quadratum temporis conjunctim) easdem fore, quamproxime, in utraque Curva: deberent enim differentiæ illæ in Cycloide augeri, una cum resistentia, in duplicata circiter ratione arcus ad chordam, ob velocitatem in ratione illa simplici auctam; & diminui, una cum quadrato temporis, in eadem duplicata ratione. Itaque ut reductio fiat ad Cycloidem, eædem sumendæ sunt arcuum differentiæ quæ fuerunt in Circulo observatæ, velocitates vero maximæ ponendæ sunt arcubus dimidiatis vel integris, hoc est, numeris $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4, 8, 16 analogæ. Scribamus ergo in casu secundo, quarto & sexto numeros 1, 4 & 16 pro V; & prodibit arcuum differentia $\frac{\frac{1}{2}}{121} = A + B + C$ in casu secundo; $\frac{2}{35\frac{1}{2}} = 4A + 8B + 16C$ in casu quarto; & $\frac{8}{9\frac{2}{3}} = 16A + 64B + 256C$ in casu sexto. Et ex his æquationibus, per debitam collationem & reductionem Analyticam, fit $A = 0{,}0000916$, $B = 0{,}0010847$, & $C = 0{,}0029558$. Est igitur differentia arcuum ut $0{,}0000916\,V + 0{,}0010847\,V^{\frac{3}{2}} + 0{,}0029558\,V^2$: & propterea cum (per Corollarium Propositionis XXX) resistentia Globi in medio arcus oscillando descripti, ubi velocitas est V, sit ad ipsius pondus ut $\frac{7}{11}AV + \frac{16}{23}BV^{\frac{3}{2}} + \frac{3}{4}CV^2$ ad longitudinem Penduli; si pro A, B & C scribantur numeri inventi, fiet resistentia Globi ad ejus pondus, ut $0{,}0000583\,V + 0{,}0007546\,V^{\frac{3}{2}} + 0{,}0022169\,V^2$ ad longitudinem Penduli inter centrum suspensionis & Regulam, id est, ad 121 digitos. Unde cum V in casu secundo designet 1, in quarto 4, in sexto 16: erit resistentia ad pondus Globi in casu secundo ut 0,0030298 ad 121, in quarto ut 0,0417402 ad 121, in sexto ut 0,61675 ad 121.

Arcus quem punctum in filo notatum in casu sexto descripsit, erat $120 - \frac{8}{9\frac{2}{3}}$ seu $119\frac{5}{29}$ digitorum. Et propterea cum radius esset 121 digitorum, & longitudo Penduli inter punctum suspensionis

&

& centrum Globi esset 126 digitorum, arcus quem centrum Globi descripsit erat $124\frac{1}{3}$ digitorum. Quoniam corporis oscillantis velocitas maxima, ob resistentiam Aeris, non incidit in punctum infimum arcus descripti, sed in medio fere loco arcus totius versatur: hæc eadem erit circiter ac si Globus descensu suo toto in Medio non resistente describeret arcus illius partem dimidiam digitorum $62\frac{1}{6}$, idque in Cycloide, ad quam motum Penduli supra reduximus: & propterea velocitas illa æqualis erit velocitati quam Globus, perpendiculariter cadendo & casu suo describendo altitudinem arcus illius sinui verso æqualem, acquirere posset. Est autem sinus ille versus in Cycloide ad arcum istum $62\frac{1}{6}$ ut arcus idem ad penduli longitudinem duplam 252, & propterea æqualis digitis 15,278. Quare velocitas ea ipsa est quam corpus cadendo & casu suo spatium 15,278 digitorum describendo acquirere posset. Tali igitur cum velocitate Globus resistentiam patitur, quæ sit ad ejus pondus ut 0,61675 ad 121, vel (si resistentiæ pars illa sola spectetur quæ est in velocitatis ratione duplicata) ut 0,56752 ad 121.

Experimento autem Hydrostatico inveni quod pondus Globi hujus lignei esset ad pondus Globi aquei magnitudinis ejusdem, ut 55 ad 97: & propterea cum 121 sit ad 213,4 in eadem ratione, erit resistentia Globi aquei præfata cum velocitate progredientis ad ipsius pondus, ut 0,56752 ad 213,4 id est, ut 1 ad $376\frac{1}{50}$. Unde cum pondus Globi aquei, quo tempore Globus cum velocitate uniformiter continuata describat longitudinem digitorum 30,556, velocitatem illam omnem in Globo cadente generare posset; manifestum est quod vis resistentiæ eodem tempore uniformiter continuata tollere posset velocitatem minorem in ratione 1 ad $376\frac{1}{50}$, hoc est, velocitatis totius partem $\frac{1}{376\frac{1}{50}}$. Et propterea quo tempore Globus, ea cum velocitate uniformiter continuata, longitudinem semidiametri suæ, seu digitorum $3\frac{7}{16}$, describere posset, eodem amitteret motus sui partem $\frac{1}{3342}$.

Numerabam etiam oscillationes quibus Pendulum quartam motus sui partem amisit. In sequente Tabula numeri supremi denotant longitudinem arcus descensu primo descripti, in digitis & partibus digiti expressam: numeri medii significant longitudinem arcus ascensu ultimo descripti; & loco infimo stant numeri oscillationum. Experimentum descripsi tanquam magis accuratum quam cum motus pars tantum octava amitteretur. Calculum tentet qui volet.

Descen-

Descensus primus	2	4	8	16	32	64
Ascensus ultimus	$1\frac{1}{2}$	3	6	12	24	48
Numerus Oscillat.	374	272	$162\frac{1}{2}$	$83\frac{1}{3}$	$41\frac{2}{3}$	$22\frac{2}{3}$

Postea Globum plumbeum, diametro digitorum 2, & pondere unciarum *Romanarum* $26\frac{1}{4}$, suspendi filo eodem, sic ut inter centrum Globi & punctum suspensionis intervallum esset pedum $10\frac{1}{2}$. & numerabam oscillationes quibus data motus pars amitteretur. Tabularum subsequentium prior exhibet numerum oscillationum quibus pars octava motus totius cessavit; secunda numerum oscillationum quibus ejusdem pars quarta amissa fuit.

Descensus primus	1	2	4	8	16	32	64
Ascensus ultimus	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{4}$	$3\frac{1}{2}$	7	14	28	56
Numerus Oscillat.	226	228	193	140	$90\frac{1}{2}$	53	30

Descensus primus	1	2	4	8	16	32	64
Ascensus ultimus	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	3	6	12	24	48
Numerus Oscillat.	510	518	420	318	204	121	70

In Tabula priore seligendo ex observationibus tertiam, quintam & septimam, & exponendo velocitates maximas in his observationibus particulatim per numeros 1, 4, 16 respective, & generaliter per quantitatem V ut supra: emerget in observatione tertia $\frac{\frac{1}{2}}{193} = A + B + C$, in quinta $\frac{2}{90\frac{1}{2}} = 4A + 8B + 16C$, in septima $\frac{8}{30} = 16A + 64B + 256C$. Hæ vero æquationes reductæ dant $A = 0{,}001414$, $B = 0{,}000297$, $C = 0{,}000879$. Et inde prodit resistentia Globi cum velocitate V moti, in ea ratione ad pondus suum unciarum $26\frac{1}{4}$, quam habet $0{,}0009\,V + 0{,}000207\,V^{\frac{3}{2}} + 0{,}000659\,V^2$ ad penduli longitudinem 121 digitorum. Et si spectemus eam solummodo resistentiæ partem quæ est in duplicata ratione velocitatis, hæc erit ad pondus Globi ut $0{,}000659\,V^2$ ad 121 digitos. Erat autem hæc pars resistentiæ in experimento primo ad pondus Globi lignei unciarum $57\frac{7}{22}$, ut $0{,}002217\,V^2$ ad 121: & inde fit resistentia Globi lignei ad resistentiam Globi plumbei (paribus eorum velocitatibus) ut $57\frac{7}{22}$ in $0{,}002217$ ad $26\frac{1}{4}$ in $0{,}000659$, id est, ut $7\frac{1}{3}$ ad 1. Diametri Globorum duorum erant $6\frac{7}{8}$ & 2 digitorum, & harum quadrata sunt ad invicem ut $47\frac{1}{4}$ & 4, seu $11\frac{13}{16}$ & 1 quamproxime. Ergo resistentiæ Globorum æquivelocium erant in minore ratione quam duplicata diametrorum. At nondum consideravimus resistentiam

ſtentiam fili, quæ certe permagna erat, ac de pendulorum inventa reſiſtentia ſubduci debet. Hanc accurate definire non potui, ſed majorem tamen inveni quam partem tertiam reſiſtentiæ totius minoris penduli; & inde didici quod reſiſtentiæ Globorum, dempta fili reſiſtentia, ſunt quam proxime in duplicata ratione diametrorum. Nam ratio $7\frac{1}{3} - \frac{1}{3}$ ad $1 - \frac{1}{3}$, ſeu $10\frac{1}{2}$ ad 1, non longe abeſt a diametrorum ratione duplicata $11\frac{4}{16}$ ad 1.

Cum reſiſtentia fili in Globis majoribus minoris ſit momenti, tentavi etiam experimentum in Globo cujus diameter erat $18\frac{3}{4}$ digitorum. Longitudo penduli inter punctum ſuſpenſionis & centrum oſcillationis erat digitorum $122\frac{1}{2}$, inter punctum ſuſpenſionis & nodum in filo $109\frac{1}{2}$ dig. Arcus primo penduli deſcenſu a nodo deſcriptus, 32 dig. Arcus aſcenſu ultimo poſt oſcillationes quinque ab eodem nodo deſcriptus, 28 dig. Summa arcuum ſeu arcus totus oſcillatione mediocri deſcriptus, 60 dig. Differentia arcuum 4 dig. Ejus pars decima ſeu differentia inter deſcenſum & aſcenſum in oſcillatione mediocri $\frac{2}{5}$ dig. Ut radius $109\frac{1}{2}$ ad radium $122\frac{1}{2}$, ita arcus totus 60 dig. oſcillatione mediocri a nodo deſcriptus, ad arcum totum $67\frac{1}{8}$ dig. oſcillatione mediocri a centro Globi deſcriptum: & ita differentia $\frac{2}{5}$ ad differentiam novam 0,4475. Si longitudo penduli, manente longitudine arcus deſcripti, augeretur in ratione 126 ad $122\frac{1}{2}$; tempus oſcillationis augeretur & velocitas penduli diminueretur in ratione illa ſubduplicata, maneret vero arcuum deſcenſu & ſubſequente aſcenſu deſcriptorum differentia 0,4475. Deinde ſi arcus deſcriptus augeretur in ratione $124\frac{3}{31}$ ad $67\frac{1}{8}$, differentia iſta 0,4475 augeretur in duplicata illa ratione, adeoque evaderet 1,5295. Hæc ita ſe haberent, ex hypotheſi quod reſiſtentia Penduli eſſet in duplicata ratione velocitatis. Ergo ſi pendulum deſcriberet arcum totum $124\frac{3}{31}$ digitorum, & longitudo ejus inter punctum ſuſpenſionis & centrum oſcillationis eſſet 126 digitorum, differentia arcuum deſcenſu & ſubſequente aſcenſu deſcriptorum foret 1,5295 digitorum. Et hæc differentia ducta in pondus Globi penduli, quod erat unciarum 208, producit 318,136. Rurſus ubi pendulum ſuperius ex Globo ligneo conſtructum, centro oſcillationis, quod a puncto ſuſpenſionis digitos 126 diſtabat, deſcribebat arcum totum $124\frac{3}{31}$ digitorum, differentia arcuum deſcenſu & aſcenſu deſcriptum fuit $\frac{126}{121}$ in $\frac{8}{9\frac{2}{3}}$, quæ ducta in pondus Globi, quod erat unciarum $57\frac{7}{22}$, producit 49,396. Duxi autem differentias haſce in pondera Globorum ut invenirem eorum reſiſtentias. Nam differentiæ oriuntur

untur ex resistentiis, suntque ut resistentiæ directe & pondera inverse. Sunt igitur resistentiæ ut numeri 318,136 & 49,396. Pars autem resistentiæ Globi minoris, quæ est in duplicata ratione velocitatis, erat ad resistentiam totam, ut 0,56752 ad 0,61675, id est, ut 45,453 ad 49,396; & pars resistentiæ Globi majoris propemodum æquatur ipsius resistentiæ toti; adeoque partes illæ sunt ut 318,136 & 45,453 quamproxime, id est, ut 7 & 1. Sunt autem Globorum diametri $18\frac{3}{4}$ & $6\frac{7}{8}$; & harum quadrata $351\frac{9}{16}$ & $47\frac{17}{64}$ sunt ut 7,438 & 1, id est, ut Globorum resistentiæ 7 & 1 quamproxime. Differentia rationum haud major est quam quæ ex fili resistentia oriri potuit. Igitur resistentiarum partes illæ quæ sunt, paribus Globis, ut quadrata velocitatum; sunt etiam, paribus velocitatibus, ut quadrata diametrorum Globorum.

Cæterum Globorum, quibus usus sum in his experimentis, maximus non erat perfecte Sphæricus, & propterea in calculo hic allato minutias quasdam brevitatis gratia neglexi; de calculo accurato in experimento non satis accurato minime sollicitus. Optarim itaque (cum demonstratio Vacui ex his dependeat) ut experimenta cum Globis & pluribus & majoribus & magis accuratis tentarentur. Si Globi sumantur in proportione Geometrica, puta quorum diametri sint digitorum 4, 8, 16, 32; ex progressione experimentorum colligetur quid in Globis adhuc majoribus evenire debeat.

Jam vero conferendo resistentias diversorum Fluidorum inter se tentavi sequentia. Arcam ligneam paravi longitudine pedum quatuor, latitudine & altitudine pedis unius. Hanc operculo nudatam implevi aqua fontana, fecique ut immersa pendula in medio aquæ oscillando moverentur. Globus autem plumbeus pondere $166\frac{1}{6}$ unciarum, diametro $3\frac{5}{8}$ digitorum, movebatur ut in Tabula sequente descripsimus, existente videlicet longitudine penduli a puncto suspensionis ad punctum quoddam in filo notatum 126 digitorum, ad oscillationis autem centrum $134\frac{1}{8}$ digitorum.

Arcus descensu primo a puncto in filo notato descriptus, digitorum	64	32	16	8	4	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
Arcus ascensu ultimo descriptus, digitorum	48	24	12	6	3	$1\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
Arcuum differentia motui amisso proportionalis, digitorum	16	8	4	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
Numerus Oscillationum in aqua			$\frac{29}{60}$	$1\frac{1}{5}$	3	7	$11\frac{1}{4}$	$12\frac{2}{3}$	$13\frac{1}{3}$
Numerus Oscillationum in aere	$85\frac{1}{2}$		287	535					
	Pp								In

In experimento columnæ quartæ, motus æquales oſcillationibus 535 in aere, & $1\frac{1}{5}$ in aqua amiſſi ſunt. Erant quidem oſcillationes in aere paulo celeriores quam in aqua. At ſi oſcillationes in aqua in ea ratione accelerarentur ut motus pendulorum in Medio utroque fierent æquiveloces, maneret numerus idem oſcillationum $1\frac{1}{5}$ in aqua, quibus motus idem ac prius amitteretur; ob reſiſtentiam auctam & ſimul quadratum temporis diminutum in eadem ratione illa duplicata. Paribus igitur pendulorum velocitatibus motus æquales in aere oſcillationibus 535 & in aqua oſcillationibus $1\frac{1}{5}$ amiſſi ſunt; ideoque reſiſtentia penduli in aqua eſt ad ejus reſiſtentiam in aere ut 535 ad $1\frac{1}{5}$. Hæc eſt proportio reſiſtentiarum totarum in caſu columnæ quartæ.

Deſignet jam $AV + CV^2$ differentiam arcuum in deſcenſu & ſubſequente aſcenſu deſcriptorum a Globo, in Aere cum velocitate maxima V moto; & cum velocitas maxima, in caſu columnæ quartæ, ſit ad velocitatem maximam in caſu columnæ primæ, ut 1 ad 8; & differentia illa arcuum, in caſu columnæ quartæ, ad differentiam in caſu columnæ primæ ut $\frac{2}{535}$ ad $\frac{16}{85\frac{1}{2}}$, ſeu ut $85\frac{1}{2}$ ad 4280: ſcribamus in his caſibus 1 & 8 pro velocitatibus, atque $85\frac{1}{2}$ & 4280 pro differentiis arcuum, & fiet $A + C = 85\frac{1}{2}$ & $8A + 64C = 4280$ ſeu $A + 8C = 535$; indeque per reductionem æquationum proveniet $7C = 449\frac{1}{2}$ & $C = 64\frac{3}{14}$ & $A = 21\frac{2}{7}$: atque adeo reſiſtentia, cum ſit ut $\frac{7}{11}AV + \frac{3}{4}CV^2$, erit ut $13\frac{6}{11}V + 48\frac{9}{56}V^2$. Quare in caſu columnæ quartæ, ubi velocitas erat 1, reſiſtentia tota eſt ad partem ſuam quadrato velocitatis proportionalem, ut $13\frac{6}{11} + 48\frac{9}{56}$ ſeu $61\frac{12}{17}$ ad $48\frac{9}{56}$; & idcirco reſiſtentia penduli in aqua eſt ad reſiſtentiæ partem illam in aere quæ quadrato velocitatis proportionalis eſt, quæque ſola in motibus velocioribus conſideranda venit, ut $61\frac{12}{17}$ ad $48\frac{9}{56}$ & 535 ad $1\frac{1}{5}$ conjunctim, id eſt, ut 571 ad 1. Si penduli in aqua oſcillantis filum totum fuiſſet immerſum, reſiſtentia ejus fuiſſet adhuc major; adeo ut penduli in aere oſcillantis reſiſtentia illa quæ velocitatis quadrato proportionalis eſt, quæque ſola in corporibus velocioribus conſideranda venit, ſit ad reſiſtentiam ejuſdem penduli totius, eadem cum velocitate, in aqua oſcillantis, ut 800 vel 900 ad 1 circiter, hoc eſt, ut denſitas aquæ ad denſitatem aeris quamproxime.

In hoc calculo ſumi quoque deberet pars illa reſiſtentiæ penduli in aqua, quæ eſſet ut quadratum velocitatis, ſed (quod mirum forte videatur) reſiſtentia in aqua augebatur in ratione velocitatis pluſ-

plusquam duplicata. Ejus rei causam investigando, in hanc incidi, quod Arca nimis angusta esset pro magnitudine Globi penduli, & motum aquæ cedentis præ angustia sua nimis impediebat. Nam si Globus pendulus, cujus diameter erat digiti unius, immergeretur; resistentia augebatur in duplicata ratione velocitatis quam proxime. Id tentabam construendo pendulum ex Globis duobus, quorum inferior & minor oscillaretur in aqua, superior & major proxime supra aquam filo affixus esset, & in Aere oscillando, adjuvaret motum penduli eumque diuturniorem redderet. Experimenta autem hoc modo instituta se habebant ut in Tabula sequente describitur.

Arcus descensu primo descriptus	16	8	4	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
Arcus ascensu ultimo descriptus	12	6	3	$1\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$.
Arcuum diff. motui amisso proport.	4	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
Numerus Oscillationum	$3\frac{1}{8}$	$6\frac{1}{2}$	$12\frac{1}{12}$	$21\frac{1}{5}$	34	53	$61\frac{1}{3}$

Conferendo resistentias Mediorum inter se, effeci etiam ut pendula ferrea oscillarentur in argento vivo. Longitudo fili ferrei erat pedum quasi trium, & diameter Globi penduli quasi tertia pars digiti. Ad filum autem proxime supra Mercurium affixus erat Globus alius plumbeus satis magnus ad motum penduli diutius continuandum. Tum vasculum, quod capiebat quasi libras tres argenti vivi, implebam vicibus alternis argento vivo & aqua communi, ut pendulo in Fluido utroque successive oscillante, invenirem proportionem resistentiarum: & prodiit resistentia argenti vivi ad resistentiam aquæ, ut 13 vel 14 ad 1 circiter: id est, ut densitas argenti vivi ad densitatem aquæ. Ubi Globum pendulum paulo majorem adhibebam, puta cujus diameter esset quasi $\frac{1}{3}$ vel $\frac{2}{3}$ partes digiti, prodibat resistentia argenti vivi in ea ratione ad resistentiam aquæ quam habet numerus 12 vel 10 ad 1 circiter. Sed experimento priori magis fidendum est, propterea quod in his ultimis Vas nimis angustum fuit pro magnitudine Globi immersi. Ampliato Globo, deberet etiam Vas ampliari. Constitueram quidem hujusmodi experimenta in vasis majoribus & in liquoribus tum Metallorum fusorum, tum aliis quibusdam tam calidis quam frigidis repetere: sed omnia experiri non vacat, & ex jam descriptis satis liquet resistentiam corporum celeriter motorum densitati Fluidorum in quibus moventur proportionalem esse quam proxime. Non dico accurate. Nam Fluida tenaciora, pari densitate, procul-

dubio magis resistunt quam liquidiora, ut Oleum frigidum quam calidum, calidum quam aqua pluvialis, aqua quam Spiritus Vini. Verum in liquoribus qui ad sensum satis fluidi sunt, ut in Aere, in Aqua seu dulci seu salsa, in Spiritibus Vini, Terebinthi & Salium, in Oleo a fæcibus per destillationem liberato & calefacto, Oleoque Vitrioli & Mercurio, ac Metallis liquefactis, & siqui sint alii, qui tam fluidi sunt ut in vasis agitati motum impressum diutius conservent, effusique liberrime in guttas decurrendo resolvantur, nullus dubito quin regula allata satis accurate obtineat: præsertim si experimenta in corporibus pendulis & majoribus & velocius motis instituantur.

Denique cum receptissima Philosophorum ætatis hujus opinio sit, Medium quoddam æthereum & longe subtilissimum extare, quod omnes omnium corporum poros & meatus liberrime permeet; a tali autem Medio per corporum poros fluente resistentia oriri debeat: ut tentarem an resistentia, quam in motis corporibus experimur, tota sit in eorum externa superficie, an vero partes etiam internæ in superficiebus propriis resistentiam notabilem sentiant, excogitavi experimentum tale. Filo pedum undecim longitudinis, ab unco chalybeo satis firmo, mediante annulo chalybeo, suspendebam pyxidem abiegnam rotundam, ad constituendum pendulum longitudinis prædictæ. Uncus sursum præacutus erat acie concava, ut annulus arcu suo superiore aciei innixus liberrime moveretur. Arcui autem inferiori annectebatur filum. Pendulum ita constitutum deducebam a perpendiculo ad distantiam quasi pedum sex, idque secundum planum aciei unci perpendiculare, ne annulus, oscillante pendulo, supra aciem unci ultro citroque laberetur. Nam punctum suspensionis, in quo annulus uncum tangit, immotum manere debet. Locum igitur accurate notabam, ad quem deduxeram pendulum, dein pendulo demisso notabam alia tria loca ad quæ redibat in fine oscillationis primæ, secundæ ac tertiæ. Hoc repetebam sæpius, ut loca illa quam potui accuratissime invenirem. Tum pyxidem plumbo & gravioribus, quæ ad manus erant, metallis implebam. Sed prius ponderabam pyxidem vacuam, una cum parte fili quæ circum pyxidem volvebatur ac dimidio partis reliquæ quæ inter uncum & pyxidem pendulam tendebatur. (Nam filum tensum dimidio ponderis sui pendulum a perpendiculo digressum semper urget.) Huic ponderi addebam pondus Aeris quem pyxis capiebat. Et pondus totum erat quasi pars septuagesima octava pyxidis metallorum plenæ. Tum quoniam pyxis metallorum

tallorum plena, pondere suo tendendo filum, augebat longitudinem penduli, contrahebam filum ut penduli jam oscillantis eadem esset longitudo ac prius. Dein pendulo ad locum primo notatum retracto ac dimisso, numerabam oscillationes quasi septuaginta & septem, donec pyxis ad locum secundo notatum rediret, totidemque subinde donec pyxis ad locum tertio notatum rediret, atque rursus totidem donec pyxis reditu suo attingeret locum quartum. Unde concludo quod resistentia tota pyxidis plenæ non majorem habebat proportionem ad resistentiam pyxidis vacuæ quam 78 ad 77. Nam si æquales essent ambarum resistentiæ, pyxis plena ob vim suam insitam septuagies & octies majorem vi insita pyxidis vacuæ, motum suum oscillatorium tanto diutius conservare deberet, atque adeo completis semper oscillationibus 78 ad loca illa notata redire. Rediit autem ad eadem completis oscillationibus 77.

Designet igitur A resistentiam pyxidis in ipsius superficie externa, & B resistentiam pyxidis vacuæ in partibus internis; & si resistentiæ corporum æquivelocium in partibus internis sint ut materia, seu numerus particularum quibus resistitur: erit 78 B resistentia pyxidis plenæ in ipsius partibus internis: adeoque pyxidis vacuæ resistentia tota $A + B$ erit ad pyxidis plenæ resistentiam totam $A + 78B$ ut 77 ad 78, & divisim $A + B$ ad $77B$, ut 77 ad 1, indeque $A + B$ ad B ut 77×77 ad 1, & divisim A ad B ut 5928 ad 1. Est igitur resistentia pyxidis vacuæ in partibus internis quinquies millies minor quam ejusdem resistentia in externa superficie, & amplius. Sic vero disputamus ex Hypothesi quod major illa resistentia pyxidis plenæ, non ab alia aliqua causa latente oriatur, sed ab actione sola Fluidi alicujus subtilis in metallum inclusum.

Hoc experimentum recitavi memoriter. Nam charta, in qua illud aliquando descripseram, intercidit. Unde fractas quasdam numerorum partes, quæ memoria exciderunt, omittere compulsus sum. Nam omnia denuo tentare non vacat. Prima vice, cum unco infirmo usus essem, pyxis plena citius retardabatur. Causam quærendo, reperi quod uncus infirmus cedebat ponderi pyxidis, & ejus oscillationibus obsequendo in partes omnes flectebatur. Parabam igitur uncum firmum, ut punctum suspensionis immotum maneret, & tunc omnia ita evenerunt uti supra descripsimus.

SECTIO

SECTIO VII.

De Motu Fluidorum & Resistentia Projectilium.

PROPOSITIO XXXII. THEOREMA XXVI.

Si Corporum Systemata duo similia ex æquali particularum numero constent, & particulæ correspondentes similes sint & proportionales, singulæ in uno Systemate singulis in altero, & similiter sitæ inter se, ac datam habeant rationem densitatis ad invicem, & inter se temporibus proportionalibus similiter moveri incipiant, (eæ inter se quæ in uno sunt Systemate & eæ inter se quæ sunt in altero) & si non tangant se mutuo quæ in eodem sunt Systemate, nisi in momentis reflexionum, neque attrahant vel fugent se mutuo, nisi viribus acceleratricibus quæ sint ut particularum correspondentium diametri inverse & quadrata velocitatum directe: dico quod Systematum particulæ illæ pergent inter se temporibus proportionalibus similiter moveri.

Corpora similia & similiter sita temporibus proportionalibus inter se similiter moveri dico, quorum situs ad invicem in fine temporum illorum semper sunt similes: puta si particulæ unius Systematis cum alterius particulis correspondentibus conferantur. Unde tempora erunt proportionalia, in quibus similes & proportionales Figurarum similium partes a particulis correspondentibus describuntur. Igitur si duo sint ejusmodi Systemata, particulæ correspondentes, ob similitudinem incæptorum motuum, pergent similiter moveri usque donec sibi mutuo occurrant. Nam si nullis agitantur viribus, progredientur uniformiter in lineis rectis per motus Leg. I. Si viribus aliquibus se mutuo agitant, & vires illæ sint ut particularum correspondentium diametri inverse & quadrata velocitatum directe; quoniam particularum situs sunt similes & vires proportionales, vires totæ quibus particulæ correspondentes agitantur, ex viribus singulis agitantibus (per Legum Corollarium secun-

secundum) compositæ, similes habebunt determinationes, perinde ac si centra inter particulas similiter sita respicerent; & erunt vires illæ totæ ad invicem ut vires singulæ componentes, hoc est, ut correspondentium particularum diametri inverse, & quadrata velocitatum directe: & propterea efficient ut correspondentes particulæ figuras similes describere pergant. Hæc ita se habebunt per Corol. 1, & 8 Prop. IV, Lib. 1. si modo centra illa quiescant. Sin moveantur, quoniam ob translationum similitudinem, similes manent eorum situs inter Systematum particulas; similes inducentur mutationes in figuris quas particulæ describunt. Similes igitur erunt correspondentium & similium particularum motus usque ad occursus suos primos, & propterea similes occursus, & similes reflexiones, & subinde (per jam ostensa) similes motus inter se donec iterum in se mutuo inciderint, & sic deinceps in infinitum. *Q. E. D.*

Corol. 1. Hinc si corpora duo quævis, quæ similia sint & ad Systematum particulas correspondentes similiter sita, inter ipsas temporibus proportionalibus similiter moveri incipiant, sintque eorum magnitudines ac densitates ad invicem ut magnitudines ac densitates correspondentium particularum: hæc pergent temporibus proportionalibus similiter moveri. Est enim eadem ratio partium majorum Systematis utriusque atque particularum.

Corol. 2. Et si similes & similiter positæ Systematum partes omnes quiescant inter se: & earum duæ, quæ cæteris majores sint, & sibi mutuo in utroque Systemate correspondeant, secundum lineas similiter sitas simili cum motu utcunque moveri incipiant: hæ similes in reliquis Systematum partibus excitabunt motus, & pergent inter ipsas temporibus proportionalibus similiter moveri; atque adeo spatia diametris suis proportionalia describere.

PROPOSITIO XXXIII. THEOREMA XXVII.

Iisdem positis, dico quod Systematum partes majores resistuntur in ratione composita ex duplicata ratione velocitatum suarum & duplicata ratione diametrorum & ratione densitatis partium Systematum.

Nam resistentia oritur partim ex viribus centripetis vel centrifugis quibus particulæ Systematum se mutuo agitant, partim ex occursibus & reflexionibus particularum & partium majorum. Prioris

Prioris autem generis reſiſtentiæ ſunt ad invicem ut vires totæ motrices a quibus oriuntur, id eſt, ut vires totæ acceleratrices & quantitates materiæ in partibus correſpondentibus; hoc eſt (per Hypotheſin) ut quadrata velocitatum directe & diſtantiæ particularum correſpondentium inverſe & quantitates materiæ in partibus correſpondentibus directe: ideoque (cum diſtantiæ particularum Syſtematis unius ſint ad diſtantias correſpondentes particularum alterius, ut diameter particulæ vel partis in Syſtemate priore ad diametrum particulæ vel partis correſpondentis in altero, & quantitates materiæ ſint ut denſitates partium & cubi diametrorum) reſiſtentiæ ſunt ad invicem ut quadrata velocitatum & quadrata diametrorum & denſitates partium Syſtematum. *Q. E. D.* Poſterioris generis reſiſtentiæ ſunt ut reflexionum correſpondentium numeri & vires conjunctim. Numeri autem reflexionum ſunt ad invicem ut velocitates partium correſpondentium directe, & ſpatia inter earum reflexiones inverſe. Et vires reflexionum ſunt ut velocitates & magnitudines & denſitates partium correſpondentium conjunctim; id eſt, ut velocitates & diametrorum cubi & denſitates partium. Et conjunctis his omnibus rationibus, reſiſtentiæ partium correſpondentium ſunt ad invicem ut quadrata velocitatum & quadrata diametrorum & denſitates partium conjunctim. *Q. E. D.*

Corol. 1. Igitur ſi Syſtemata illa ſint Fluida duo Elaſtica ad modum Aeris, & partes eorum quieſcant inter ſe: corpora autem duo ſimilia & partibus fluidorum quoad magnitudinem & denſitatem proportionalia, & inter partes illas ſimiliter poſita, ſecundum lineas ſimiliter poſitas utcunque projiciantur; vires autem acceleratrices, quibus particulæ Fluidorum ſe mutuo agitant, ſint ut corporum projectorum diametri inverſe, & quadrata velocitatum directe: corpora illa temporibus proportionalibus ſimiles excitabunt motus in Fluidis, & ſpatia ſimilia ac diametris ſuis proportionalia deſcribent.

Corol. 2. Proinde in eodem Fluido projectile velox reſiſtentiam patitur quæ eſt in duplicata ratione velocitatis quam proxime. Nam ſi vires, quibus particulæ diſtantes ſe mutuo agitant, augerentur in duplicata ratione velocitatis, reſiſtentia foret in eadem ratione duplicata accurate; ideoque in Medio, cujus partes ab invicem diſtantes ſeſe viribus nullis agitant, reſiſtentia eſt in duplicata ratione velocitatis accurate. Sunto igitur Media tria *A*, *B*, *C* ex partibus ſimilibus & æqualibus & ſecundum diſtantias æquales regulariter diſpo-

dispositis constantia. Partes Mediorum *A* & *B* fugiant se mutuo viribus quæ sint ad invicem ut *T* & *V*, illæ Medii *C* ejusmodi viribus omnino destituantur. Et si corpora quatuor æqualia *D*, *E*, *F*, *G* in his Mediis moveantur, priora duo *D* & *E* in prioribus duobus *A* & *B*, & altera duo *F* & *G* in tertio *C*; sitque velocitas corporis *D* ad velocitatem corporis *E*, & velocitas corporis *F* ad velocitatem corporis *G*, in subduplicata ratione virium *T* ad vires *V*: resistentia corporis *D* erit ad resistentiam corporis *E*, & resistentia corporis *F* ad resistentiam corporis *G*, in velocitatum ratione duplicata; & propterea resistentia corporis *D* erit ad resistentiam corporis *F* ut resistentia corporis *E* ad resistentiam corporis *G*. Sunto corpora *D* & *F* æquivelocia ut & corpora *E* & *G*; & augendo velocitates corporum *D* & *F* in ratione quacunque, ac diminuendo vires particularum Medii *B* in eadem ratione duplicata, accedet Medium *B* ad formam & conditionem Medii *C* pro lubitu, & idcirco resistentiæ corporum æqualium & æquivelocium *E* & *G* in his Mediis, perpetuo accedent ad æqualitatem, ita ut earum differentia evadat tandem minor quam data quævis. Proinde cum resistentiæ corporum *D* & *F* sint ad invicem ut resistentiæ corporum *E* & *G*, accedent etiam hæ similiter ad rationem æqualitatis. Corporum igitur *D* & *F*, ubi velocissime moventur, resistentiæ sunt æquales quam proxime: & propterea cum resistentia corporis *F* sit in duplicata ratione velocitatis, erit resistentia corporis *D* in eadem ratione quam proxime.

Corol. 3. Igitur corporis in Fluido quovis Elastico velocissime moti eadem fere est resistentia ac si partes Fluidi viribus suis centrifugis destituerentur, seque mutuo non fugerent: si modo Fluidi vis Elastica ex particularum viribus centrifugis oriatur, & velocitas adeo magna sit ut vires non habeant satis temporis ad agendum.

Corol. 4. Proinde cum resistentiæ similium & æquivelocium corporum, in Medio cujus partes distantes se mutuo non fugiunt, sint ut quadrata diametrorum; sunt etiam æquivelocium & celerrime motorum corporum resistentiæ in Fluido Elastico ut quadrata diametrorum quam proxime.

Corol. 5. Et cum corpora similia, æqualia & æquivelocia, in Mediis ejusdem densitatis, quorum particulæ se mutuo non fugiunt, sive particulæ illæ sint plures & minores, sive pauciores & majores, in æqualem materiæ quantitatem temporibus æqualibus inpingant, eique æqualem motus quantitatem imprimant, & vicissim

ciſſim (per motus Legem tertiam) æqualem ab eadem reactionem patiantur, hoc eſt, æqualiter reſiſtantur: manifeſtum eſt etiam quod in ejuſdem denſitatis Fluidis Elaſticis, ubi velociſſime moventur, æquales ſint eorum reſiſtentiæ quam proxime; ſive Fluida illa ex particulis craſſioribus conſtent, ſive ex omnium ſubtiliſſimis conſtituantur. Ex Medii ſubtilitate reſiſtentia projectilium celerrime motorum non multum diminuitur.

Corol. 6. Hæc omnia ita ſe habent in Fluidis, quorum vis Elaſtica ex particularum viribus centrifugis originem ducit. Quod ſi vis illa aliunde oriatur, veluti ex particularum expanſione ad inſtar Lanæ vel ramorum Arborum, aut ex alia quavis cauſa, qua motus particularum inter ſe redduntur minus liberi: reſiſtentia, ob minorem Medii fluiditatem, erit major quam in ſuperioribus Corollariis.

PROPOSITIO XXXIV. THEOREMA XXVIII.

Si Globus & Cylindrus æqualibus diametris deſcripti, in Medio raro ex particulis æqualibus & ad æquales ab invicem diſtantias libere diſpoſitis conſtante, ſecundum plagam axis Cylindri, æquali cum velocitate moveantur: erit reſiſtentia Globi duplo minor quam reſiſtentia Cylindri.

Nam quoniam actio Medii in corpus eadem eſt (per Legum Corol, 5.) ſive corpus in Medio quieſcente moveatur, ſive Medii particulæ eadem cum velocitate impingant in corpus quieſcens: conſideremus corpus tanquam quieſcens, & videamus quo impetu urgebitur a Medio movente. Deſignet igitur *ABKI* corpus Sphæricum centro *C* ſemidiametro *CA* deſcriptum, & incidant particulæ Medii data cum velocitate in corpus illud Sphæricum, ſecundum rectas ipſi *AC* parallelas: Sitque *FB* ejuſmodi recta. In ea capiatur *LB* ſemidiametro *CB* æqualis, & ducatur *BD* quæ Sphæram tangat in *B*. In *KC* & *BD* demittantur

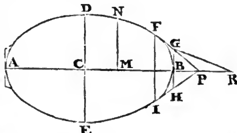
mittantur perpendiculares *BE*, *DL*, & vis qua particula Medii, ſecundum rectam *FB* oblique incidendo, Globum ferit in *B*, erit ad vim qua particula eadem Cylindrum *ONGQ* axe *ACI* circa Globum deſcriptum perpendiculariter feriret in *b*, ut *LD* ad *LB* vel *BE* ad *BC*. Rurſus efficacia hujus vis ad movendum Globum ſecundum incidentiæ ſuæ plagam *FB* vel *AC*, eſt ad ejuſdem efficaciam ad movendum Globum ſecundum plagam determinationis ſuæ, id eſt, ſecundum plagam rectæ *BC* qua Globum directe urget, ut *BE* ad *BC*. Et conjunctis rationibus, efficacia particulæ, in Globum ſecundum rectam *FB* oblique incidentis, ad movendum eundem ſecundum plagam incidentiæ ſuæ, eſt ad efficaciam particulæ ejuſdem ſecundum eandem rectam in Cylindrum perpendiculariter incidentis, ad ipſum movendum in plagam eandem, ut *BE* quadratum ad *BC* quadratum. Quare ſi ad Cylindri baſem circularem *NAO* erigatur perpendiculum *bHE*, & ſit *bE* æqualis radio *AC*, & *bH* æqualis $\frac{BE\ quad}{CB}$: erit *bH* ad *bE* ut effectus particulæ in Globum ad effectum particulæ in Cylindrum. Et propterea ſolidum quod à rectis omnibus *bH* occupatur erit ad ſolidum quod à rectis omnibus *bE* occupatur, ut effectus particularum omnium in Globum ad effectum particularum omnium in Cylindrum. Sed ſolidum prius eſt Parabolois vertice *C*, axe *CA* & latere recto *CA* deſcriptum, & ſolidum poſterius eſt Cylindrus Paraboloidi circumſcriptus: & notum eſt quod Parabolois ſit ſemiſſis Cylindri circumſcripti. Ergo vis tota Medii in Globum eſt duplo minor quam ejuſdem vis tota in Cylindrum. Et propterea ſi particulæ Medii quieſcerent, & Cylindrus ac Globus æquali cum velocitate moverentur, foret reſiſtentia Globi duplo minor quam reſiſtentia Cylindri. *Q.E.D.*

Scholium.

Eadem methodo Figuræ aliæ inter ſe quoad reſiſtentiam comparari poſſunt, eæque inveniri quæ ad motus ſuos in Mediis reſiſtentibus continuandos aptiores ſunt. Ut ſi baſe circulari *CEBH*, quæ centro *O*, radio *OC* deſcribitur, & altitudine *OD*, conſtruendum ſit fruſtum Coni *CBGF*, quod omnium eadem baſi & altitudine conſtructorum & ſecundum plagam

axis sui versus $\mathcal{D}$ progredientium frustorum minime resistatur: biseca altitudinem $O\mathcal{D}$ in $\mathcal{Q}$ & produc $O\mathcal{Q}$ ad S ut sit $\mathcal{Q}S$ aequalis $\mathcal{Q}C$, & erit S vertex Coni cujus frustum quaeritur.

Unde obiter, cum angulus CSB semper sit acutus, consequens est, quod si solidum $A\mathcal{D}BE$ convolutione figurae Ellipticae vel Ovalis $A\mathcal{D}BE$ circa axem AB facta generetur, & tangatur figura generans à rectis tribus FG, GH, HI in punctis F, B & I, ea lege ut GH sit perpendicularis ad axem in puncto contactus B, & FG, HI cum eadem GH contineant angulos FGB, BHI graduum 135: solidum, quod convolutione figurae $A\mathcal{D}FGHIE$ circa axem eundem CB generatur, minus resistitur quam solidum prius; si modo utrumque secundum plagam axis sui AB progrediatur, & utriusque terminus B praecedat. Quam quidem propositionem in construendis Navibus non inutilem futuram esse censeo.



Quod si Figura $\mathcal{D}NFG$ ejusmodi sit curva ut, si ab ejus puncto quovis N ad axem AB demittatur perpendiculum NM, & à puncto dato G ducatur recta GR quae parallela sit rectae figuram tangenti in N, & axem productum secet in R, fuerit MN ad GR ut $GR\,cub$ ad $4BR \times GBq$: Solidum quod figurae hujus revolutione circa axem AB facta describitur, in Medio raro praedicto ab A versus B movendo, minus resistetur quam aliud quodvis eadem longitudine & latitudine descriptum Solidum circulare.

PROPOSITIO XXXV. PROBLEMA VII.

Si Medium rarum ex particulis quam minimis quiescentibus aequalibus & ad aequales ab invicem distantias libere dispositis constet: invenire resistentiam Globi in hoc Medio uniformiter progredientis.

Cas. 1. Cylindrus eadem diametro & altitudine descriptus progredi intelligatur eadem velocitate secundum longitudinem axis sui in eodem Medio. Et ponamus quod particulae Medii in quas Glo-

Globus vel Cylindrus incidit, vi reflexionis quam maxima resiliant. Et cum resistentia Globi (per Propositionem novissimam) sit duplo minor quam resistentia Cylindri, & Globus sit ad Cylindrum ut duo ad tria, & Cylindrus incidendo perpendiculariter in particulas ipsasque quam maxime reflectendo, duplam sui ipsius velocitatem ipsis communicet: Cylindrus quo tempore dimidiam longitudinem axis sui describit communicabit motum particulis qui sit ad totum Cylindri motum ut densitas Medii ad densitatem Cylindri; & Globus quo tempore totam longitudinem diametri suæ describit, communicabit motum eundem particulis; & quo tempore duas tertias partes diametri suæ describit communicabit motum particulis qui sit ad totum Globi motum ut densitas Medii ad densitatem Globi. Et propterea Globus resistentiam patitur quæ sit ad vim qua totus ejus motus vel auferri possit vel generari quo tempore duas tertias partes diametri suæ describit, ut densitas Medii ad densitatem Globi.

Cas. 2. Ponamus quod particulæ Medii in Globum vel Cylindrum incidentes non reflectantur; & Cylindrus incidendo perpendiculariter in particulas simplicem suam velocitatem ipsis communicabit, ideoque resistentiam patitur duplo minorem quam in priore casu, & resistentia Globi erit etiam duplo minor quam prius.

Cas. 3. Ponamus quod particulæ Medii vi reflexionis neque maxima neque nulla, sed mediocri aliqua resiliant a Globo; & resistentia Globi erit in eadem ratione mediocri inter resistentiam in primo casu & resistentiam in secundo. *Q. E. I.*

Corol. 1. Hinc si Globus & particulæ sint infinite dura, & vi omni elastica & propterea etiam vi omni reflexionis destituta: resistentia Globi erit ad vim qua totus ejus motus vel auferri possit vel generari, quo tempore Globus quatuor tertias partes diametri suæ describit, ut densitas Medii ad densitatem Globi.

Corol. 2. Resistentia Globi, cæteris paribus, est in duplicata ratione velocitatis.

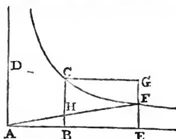
Corol. 3. Resistentia Globi, cæteris paribus, est in duplicata ratione diametri.

Corol. 4. Resistentia Globi, cæteris paribus, est ut densitas Medii.

Corol. 5. Resistentia Globi est in ratione quæ componitur ex duplicata ratione velocitatis & duplicata ratione diametri & ratione densitatis Medii.

Corol.

Corol. 6. Et motus Globi cum ejus resistentia sic exponi potest. Sit AB tempus quo Globus per resistentiam suam uniformiter continuatam totum suum motum amittere potest. Ad AB erigantur perpendicula AD, BC. Sitque BC motus ille totus, & per punctum C Asymptotis AD, AB describatur Hyperbola CF. Producatur AB ad punctum quodvis E. Erigatur perpendiculum EF Hyperbolæ occurrens in F. Compleatur parallelogrammum $CBEG$, & agatur AF ipsi BC occurrens in H. Et si Globus tempore quovis BE, motu suo primo BC uniformiter continuato, in Medio non resistente describat spatium $CBEG$ per aream parallelogrammi expositum, idem in Medio resistente describet spatium $CBEF$ per aream Hyperbolæ expositum, & motus ejus in fine temporis illius exponetur per Hyperbolæ ordinatam EF, amissa motus ejus parte FG. Et resistentia ejus in fine temporis ejusdem exponetur per longitudinem BH, amissa resistentiæ parte CH. Patent hæc omnia per Corol. 1. Prop. v. Lib. II.



Corol. 7. Hinc si Globus tempore T per resistentiam R uniformiter continuatam amittat motum suum totum M: idem Globus tempore t in Medio resistente, per resistentiam R in duplicata velocitatis ratione decrescentem, amittet motus sui M partem $\frac{tM}{T+t}$, manente parte $\frac{TM}{T+t}$, & describet spatium quod sit ad spatium motu uniformi M eodem tempore t descriptum, ut Logarithmus numeri $\frac{T+t}{T}$ multiplicatus per numerum 2,302585092994 est ad numerum $\frac{t}{T}$. Nam area Hyperbolica $BCFE$ est ad rectangulum $BCGE$ in hac proportione.

Scholium.

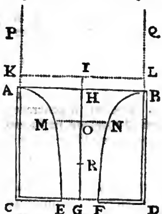
In hac Propositione exposui resistentiam & retardationem Projectilium Sphæricorum in Mediis non continuis, & ostendi quod hæc resistentia sit ad vim qua totus Globi motus vel tolli possit vel generari

generari quo tempore Globus duas tertias diametri suæ partes, velocitate uniformiter continuata describat, ut densitas Medii ad densitatem Globi, si modo Globus & particulæ Medii sint summe elastica & vi maxima reflectendi polleant: quodque hæc vis sit duplo minor ubi Globus & particulæ Medii sunt infinite dura & vi reflectendi prorsus destituta. In Mediis autem continuis qualia sunt Aqua, Oleum calidum, & Argentum vivum, in quibus Globus non incidit immediate in omnes fluidi particulas resistentiam generantes, sed premit tantum proximas particulas & hæ premunt alias & hæ alias, resistentia est adhuc duplo minor. Globus utique in hujusmodi Mediis fluidissimis resistentiam patitur quæ est ad vim qua totus ejus motus vel tolli possit vel generari quo tempore, motu illo uniformiter continuato, partes octo tertias diametri suæ describat, ut densitas Medii ad densitatem Globi. Id quod in sequentibus conabimur ostendere.

PROPOSITIO XXXVI. PROBLEMA VIII.

Aquæ de vase Cylindrico per foramen in fundo factum effluentis definire motum.

Sit *ACDB* vas cylindricum, *AB* ejus orificium superius, *CD* fundum horizonti parallelum, *EF* foramen circulare in medio fundi, *G* centrum foraminis, & *GH* axis cylindri horizonti perpendicularis. Et concipe cylindrum glaciei *APQB* ejusdem esse latitudinis cum cavitate vasis, & axem eundem habere, & uniformi cum motu perpetuo descendere, & partes ejus quam primum attingunt superficiem *AB* liquescere, & in aquam conversas gravitate sua defluere in vas, & cataractam vel columnam aquæ *ABNFEM* cadendo formare, & per foramen *EF* transire, idemque adæquate implere. Ea vero sit uniformis velocitas glaciei descendentis ut & aquæ contiguæ in circulo *AB*, quam aqua cadendo & casu suo describendo altitudinem *IH* acquirere potest; & jaceant *IH* & *HG* in directum, & per punctum *I* ducatur recta *KL* horizonti parallela & lateribus glaciei



ciei occurrens in K & L. Et velocitas aquæ effluentis per foramen EF ea erit quam aqua cadendo ab I & casu suo describendo altitudinem IG acquirere potest. Ideoque per Theoremata *Galilæi* erit IG ad IH in duplicata ratione velocitatis aquæ per foramen effluentis ad velocitatem aquæ in circulo AB, hoc est, in duplicata ratione circuli AB ad circulum EF; nam hi circuli sunt reciproce ut velocitates aquarum quæ per ipsos, eodem tempore & æquali quantitate, adæquate transeunt. De velocitate aquæ horizontem versus hic agitur. Et motus horizonti parallelus quo partes aquæ cadentis ad invicem accedunt, cum non oriatur a gravitate, nec motum horizonti perpendicularem à gravitate oriundum mutet, hic non consideratur. Supponimus quidem quod partes aquæ aliquantulum cohærent, & per cohæsionem suam inter cadendum accedant ad invicem per motus horizonti parallelos, ut unicam tantum efforment cataractam & non in plures cataractas dividantur: sed motum horizonti parallelum, a cohæsione illa oriundum, hic non consideramus.

Cas. 1. Concipe jam cavitatem totam in vase, in circuitu aquæ cadentis $ABNFEM$, glacie plenam esse, ut aqua per glaciem tanquam per infundibulum transeat. Et si aqua glaciem tantum non tangat vel, quod perinde est, si tangat & per glaciem propter summam ejus polituram quam liberrime & sine omni resistentia labatur; hæc defluet per foramen EF eadem velocitate ac prius, & pondus totum columnæ aquæ $ABNFEM$ impendetur in defluxum ejus generandum uti prius, & fundum vasis sustinebit pondus glaciei columnam ambientis.

Liquescat jam glacies in vase; & effluxus aquæ quoad velocitatem, idem manebit ac prius. Non minor erit, quia glacies in aquam resoluta conabitur descendere: non major, quia glacies in aquam resoluta non potest descendere nisi impediendo descensum aquæ alterius descensui suo æqualem. Eadem vis eandem aquæ effluentis velocitatem generare debet.

Sed foramen in fundo vasis, propter obliquos motus particularum aquæ effluentis, paulo majus esse debet quam prius. Nam particulæ aquæ jam non transeunt omnes per foramen perpendiculariter; sed a lateribus vasis undique confluentes & in foramen convergentes, obliquis transeunt motibus; & cursum suum deorsum flectentes in venam aquæ exilientis conspirant, quæ exilior est paulo infra foramen quam in ipso foramine, existente ejus diametro ad diametrum foraminis ut 5 ad 6, vel $5\frac{1}{2}$ ad $6\frac{1}{2}$ quam proxime, si modo

modo diametros recte dimensus sum. Parabam utique laminam planam pertenuem in medio perforatam, existente circularis foraminis diametro partium quinque octavarum digiti. Et ne vena aquæ exilientis cadendo acceleraretur & acceleratione redderetur angustior, hanc laminam non fundo sed lateri vasis affixi sic, ut vena illa egrederetur secundum lineam horizonti parallelam. Dein ubi vas aquæ plenum esset, aperui foramen ut aqua efflueret; & venæ diameter, ad distantiam quasi dimidii digiti à foramine quam accuratissime mensurata, prodiit partium viginti & unius quadragesimarum digiti. Erat igitur diameter foraminis hujus circularis ad diametrum venæ ut 25 ad 21 quamproxime. Per experimenta vero constat quod quantitas aquæ quæ per foramen circulare in fundo vasis factum effluit, ea est quæ, pro diametro venæ, cum velocitate prædicta effluere debet.

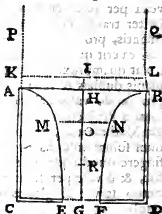
In sequentibus igitur, plano foraminis parallelum duci intelligatur planum aliud superius ad distantiam diametro foraminis æqualem vel paulo majorem & foramine majore pertusum, per quod utique vena cadat quæ adæquate impleat foramen inferius EF, atque adeo cujus diameter sit ad diametrum foraminis inferioris ut 25 ad 21 circiter. Sic enim vena per foramen inferius perpendiculariter transibit; & quantitas aquæ effluentis, pro magnitudine foraminis hujus, ea erit quam solutio Problematis postulat quamproxime. Spatium vero quod planis duobus & vena cadente clauditur, pro fundo vasis haberi potest. Sed ut solutio Problematis simplicior sit & magis Mathematica, præstat adhibere planum solum inferius pro fundo vasis, & fingere quod aqua quæ per glaciem ceu per infundibulum defluebat, & è vase per foramen EF egrediebatur, motum suum perpetuo servet & glacies quietem suam etiamsi in aquam fluidam resolvatur.

Cas. 2. Si foramen EF non sit in medio fundi vasis, sed fundum alibi perforetur: aqua effluet eadem cum velocitate ac prius, si modo eadem sit foraminis magnitudo. Nam grave majori quidem tempore descendit ad eandem profunditatem per lineam obliquam quam per lineam perpendicularem, sed descendendo eandem

dem velocitatem acquirit in utroque casu, ut *Galilæus* demonstravit.

Cas. 3. Eadem est aquæ velocitas effluentis per foramen in latere vasis. Nam si foramen parvum sit, ut intervallum inter superficies *AB* & *KL* quoad sensum evanescat, & vena aquæ horizontaliter exilientis figuram Parabolicam efformet: ex latere recto hujus Parabolæ colligetur, quod velocitas aquæ effluentis ea sit quam corpus ab aquæ in vase stagnantis altitudine *HG* vel *IG* cadendo acquirere potuisset. Facto utique experimento inveni quod, si altitudo aquæ stagnantis supra foramen esset viginti digitorum & altitudo foraminis supra planum horizonti parallelum esset quoque viginti digitorum, vena aquæ prosilientis incideret in planum illud ad distantiam digitorum 37 circiter à perpendiculo quod in planum illud à foramine demittebatur captam. Nam sine resistentia vena incidere debuisset in planum illud ad distantiam digitorum 40, existente venæ Parabolicæ latere recto digitorum 80.

Cas. 4. Quinetiam aqua effluens, si sursum feratur, eadem egreditur cum velocitate. Ascendit enim aquæ exilientis vena parva motu perpendiculari ad aquæ in vase stagnantis altitudinem *GH* vel *GI*, nisi quatenus ascensus ejus ab aeris resistentia aliquantulum impediatur; ac proinde ea effluit cum velocitate quam ab altitudine illa cadendo acquirere potuisset. Aquæ stagnantis particula unaquæque undique premitur æqualiter, per Prop. XIX. Lib. II, & pressioni cedendo æquali impetu in omnes partes fertur, sive descendat per foramen in fundo vasis, sive horizontaliter effluat per foramen in ejus latere, sive egrediatur in canalem & inde ascendat per foramen parvum in superiore canalis parte factum. Et velocitatem qua aqua effluit, eam esse quam in hac Propositione assignavimus, non solum ratione colligitur, sed etiam per experimenta notissima jam descripta manifestum est.



Cas. 5. Eadem est aquæ effluentis velocitas sive figura foraminis sit circularis sive quadrata vel triangularis aut alia quæcunque circulari æqualis. Nam velocitas aquæ effluentis non pendet à figura foraminis sed ab ejus altitudine infra planum *KL*.

Cas. 6. Si vasis *ABDC* pars inferior in aquam stagnantem immergatur,

mergatur, & altitudo aquæ ſtagnantis ſupra fundum vaſis ſit GR: velocitas quacum aqua quæ in vaſe eſt, effluet per foramen EF in aquam ſtagnantem, ea erit quam aqua cadendo & caſu ſuo deſcribendo altitudinem IR acquirere poteſt. Nam pondus aquæ omnis in vaſe quæ inferior eſt ſuperficie aquæ ſtagnantis, ſuſtinebitur in æquilibrio per pondus aquæ ſtagnantis, ideoque motum aquæ deſcendentis in vaſe minime accelerabit. Patebit etiam & hic Caſus per Experimenta, menſurando ſcilicet tempora quibus aqua effluit.

Corol. 1. Hinc ſi aquæ altitudo CA producatur ad K, ut ſit AK ad CK in duplicata ratione areæ foraminis in quavis fundi parte facti, ad aream circuli AB: velocitas aquæ effluentis æqualis erit velocitati quam aqua cadendo & caſu ſuo deſcribendo altitudinem KC acquirere poteſt.

Corol. 2. Et vis qua totus aquæ exilientis motus generari poteſt, æqualis eſt ponderi Cylindricæ columnæ aquæ cujus baſis eſt foramen EF, & altitudo $2GI$ vel $2CK$. Nam aqua exiliens quo tempore hanc columnam æquat, pondere ſuo ab altitudine GI cadendo, velocitatem ſuam qua exilit, acquirere poteſt.

Corol. 3. Pondus aquæ totius in vaſe $ABDC$, eſt ad ponderis partem quæ in defluxum aquæ impenditur, ut ſumma circulorum AB & EF, ad duplum circulum EF. Sit enim IO media proportionalis inter IH & IG; & aqua per foramen EF egrediens, quo tempore gutta cadendo ab I deſcribere poſſet altitudinem IG, æqualis erit Cylindro cujus baſis eſt circulus EF & altitudo eſt $2IG$, id eſt, Cylindro cujus baſis eſt circulus AB & altitudo eſt $2IO$, nam circulus EF eſt ad circulum AB in ſubduplicata ratione altitudinis IH ad altitudinem IG, hoc eſt, in ſimplici ratione mediæ proportionalis IO ad altitudinem IG: & quo tempore gutta cadendo ab I deſcribere poteſt altitudinem IH, aqua egrediens æqualis erit Cylindro cujus baſis eſt circulus AB & altitudo eſt $2IH$: & quo tempore gutta cadendo ab I per H ad G deſcribit altitudinum differentiam HG, aqua egrediens, id eſt, aqua tota in ſolido $ABNFEM$ æqualis erit differentiæ Cylindrorum, id eſt, Cylindro cujus baſis eſt AB & altitudo $2HO$. Et propterea aqua tota in vaſe $ABDC$ eſt ad aquam totam cadentem in ſolido $ABNFEM$ ut HG ad $2HO$, id eſt, ut $HO+OG$ ad $2HO$, ſeu $IH+IO$ ad $2IH$. Sed pondus aquæ totius in ſolido $ABNFEM$ in aquæ defluxum impenditur: ac proinde

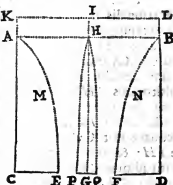
inde pondus aquæ totius in vase est ad ponderis partem quæ in defluxum aquæ impenditur, ut $IH + IO$ ad $2IH$, atque adeo ut summa circulorum EF & AB ad duplum circulum EF.

Corol. 4. Et hinc pondus aquæ totius in vase $ABDC$, est ad ponderis partem alteram quam fundum vasis sustinet, ut summa circulorum AB & EF, ad differentiam eorundem circulorum.

Corol. 5. Et ponderis pars quam fundum vasis sustinet, est ad ponderis partem alteram quæ in defluxum aquæ impenditur, ut differentia circulorum AB & EF, ad duplum circulum minorem EF, sive ut area fundi ad duplum foramen.

Corol. 6. Ponderis autem pars qua sola fundum urgetur, est ad pondus aquæ totius quæ fundo perpendiculariter incumbit, ut circulus AB ad summam circulorum AB & EF, sive ut circulus AB ad excessum dupli circuli AB supra fundum. Nam ponderis pars qua sola fundum urgetur, est ad pondus aquæ totius in vase, ut differentia circulorum AB & EF, ad summam eorundem circulorum, per Cor. 4; & pondus aquæ totius in vase est ad pondus aquæ totius quæ fundo perpendiculariter incumbit, ut circulus AB ad differentiam circulorum AB & EF. Itaque ex æquo perturbate, ponderis pars qua sola fundum urgetur, est ad pondus aquæ totius quæ fundo perpendiculariter incumbit, ut circulus AB ad summam circulorum AB & EF vel excessum dupli circuli AB supra fundum.

Corol. 7. Si in medio foraminis EF locetur Circellus PQ centro G descriptus & horizonti parallelus: pondus aquæ quam circellus ille sustinet, majus est pondere tertiæ partis Cylindri aquæ cujus basis est circellus ille & altitudo est GH. Sit enim $ABNFEM$ cataracta vel columna aquæ cadentis axem habens GH ut supra, & congelari intelligatur aqua omnis in vase, tam in circuitu cataractæ quam supra circellum, cujus fluiditas ad promptissimum & celerrimum aquæ descensum non requiritur. Et sit PHQ columna aquæ supra circellum congelata, verticem habens H & altitudinem GH. Et quemadmodum aqua in circuitu cataractæ congelata $AMEC$, $BNFD$ convexa est in superficie interna AME, BNF versus cataractam cadentem, sic etiam hæc columna PHQ con-



convexa erit versus cataractam, & propterea major Cono cujus basis est circellus ille PQ & altitudo GH, id est, major tertia parte Cylindri eadem base & altitudine descripti. Sustinet autem circellus ille pondus hujus columnæ, id est, pondus quod pondere Coni seu tertiæ partis Cylindri illius majus est.

Corol. 8. Pondus aquæ quam circellus valde parvus PQ sustinet, minor est pondere duarum tertiarum partium Cylindri aquæ cujus basis est circellus ille & altitudo est HG. Nam stantibus jam positis, describi intelligatur dimidium Sphæroidis cujus basis est circellus ille & semiaxis sive altitudo est HG. Et hæc figura æqualis erit duabus tertiis partibus Cylindri illius & comprehendet columnam aquæ congelatæ PHQ cujus pondus circellus ille sustinet. Nam ut motus aquæ sit maxime directus, columnæ illius superficies externa concurret cum basi PQ in angulo nonnihil acuto, propterea quod aqua cadendo perpetuo acceleratur & propter accelerationem fit tenuior; & cum angulus ille sit recto minor, hæc columna ad inferiores ejus partes jacebit intra dimidium Sphæroidis. Eadem vero sursum acuta erit seu cuspidata, ne horizontalis motus aquæ ad verticem Sphæroidis sit infinite velocior quam ejus motus horizontem versus. Et quo minor est circellus PQ eo acutior erit vertex columnæ; & circello in infinitum diminuto, angulus PHQ in infinitum diminuetur, & propterea columna jacebit intra dimidium Sphæroidis. Est igitur columna illa minor dimidio Sphæroidis, seu duabus tertiis partibus Cylindri cujus basis est circellus ille & altitudo GH. Sustinet autem circellus vim aquæ ponderi hujus columnæ æqualem, cum pondus aquæ ambientis in defluxum ejus impendatur.

Corol. 9. Pondus aquæ quam circellus valde parvus PQ sustinet, æquale est ponderi Cylindri aquæ cujus basis est circellus ille & altitudo est $\frac{1}{2}GH$ quamproxime. Nam pondus hocce est medium Arithmeticum inter pondera Coni & Hemisphæroidis prædictæ. At si circellus ille non sit valde parvus, sed augeatur donec æquet foramen EF; hic sustinebit pondus aquæ totius sibi perpendiculariter imminentis, id est, pondus Cylindri aquæ cujus basis est circellus ille & altitudo est GH.

Corol. 10. Et (quantum sentio) pondus quod circellus sustinet, est semper ad pondus Cylindri aquæ cujus basis est circellus ille & altitudo est $\frac{1}{2}GH$, ut EFq ad $EFq - \frac{1}{2}PQq$, sive ut circulus EF ad excessum circuli hujus supra semissem circelli PQ quamproxime.

LEMMA

LEMMA IV.

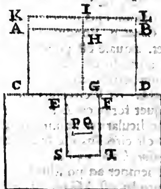
Cylindri, qui secundum longitudinem suam uniformiter progreditur, resistentia ex aucta vel diminuta ejus longitudine non mutatur; ideoque eadem est cum resistentia Circuli eadem diametro descripti & eadem velocitate secundum lineam rectam plano ipsius perpendicularem progredientis.

Nam latera Cylindri motui ejus minime opponuntur: & Cylindrus, longitudine ejus in infinitum diminuta, in Circulum vertitur.

PROPOSITIO XXXVII. THEOREMA XXIX.

Cylindri, qui in fluido compresso infinito & non elastico secundum longitudinem suam uniformiter progreditur, resistentia quæ oritur a magnitudine sectionis transversæ, est ad vim qua totus ejus motus interea dum quadruplum longitudinis suæ describit, vel tolli possit vel generari, ut densitas Medii ad densitatem Cylindri quamproxime.

Nam si vas $ABDC$ fundo suo CD superficiem aquæ stagnantis tangat, & aqua ex hoc vase per canalem Cylindricum $EFTS$ horizonti perpendicularem in aquam stagnantem effluat, locetur autem Circellus PQ horizonti parallelus ubivis in medio canalis, & producatur CA ad K, ut sit AK ad CK in duplicata ratione quam habet excessus orificii canalis EF supra circellum PQ ad circulum AB: manifestum est (per Cas. 5, Cas. 6, & Cor. 1. Prop. XXXVI.) quod velocitas aquæ transeuntis per spatium annulare inter circellum & latera vasis, ea erit quam aqua cadendo & casu suo describendo altitudinem KC vel IG acquirere potest.



Et

Et (per Cor. 10, Prop. XXXVI) si vasis latitudo sit infinita, ut lineola HI evanescat & altitudines IG, HG æquentur: vis aquæ defluentis in circellum erit ad pondus Cylindri cujus basis est circellus ille & altitudo est $\frac{1}{2} IG$, ut EFq ad $EFq - \frac{1}{2} PQq$ quam proxime. Nam vis aquæ, uniformi motu defluentis per totum canalem, eadem erit in circellum PQ in quacunque canalis parte locatum.

Claudantur jam canalis orificia EF, ST, & ascendat circellus in fluido undique compresso & ascensu suo cogat aquam superiorem descendere per spatium annulare inter circellum & latera canalis: & velocitas circelli ascendentis erit ad velocitatem aquæ descendentis ut differentia circulorum EF & PQ ad circulum PQ, & velocitas circelli ascendentis ad summam velocitatum, hoc est, ad velocitatem relativam aquæ descendentis qua præterfluit circellum ascendentem, ut differentia circulorum EF & PQ ad circulum EF, sive ut $EFq - PQq$ ad EFq. Sit illa velocitas relativa æqualis velocitati qua supra ostensum est aquam transire per idem spatium annulare dum circellus interea immotus manet, id est, velocitati quam aqua cadendo & casu suo describendo altitudinem IG acquirere potest: & vis aquæ in circellum ascendentem eadem erit ac prius, per Legum Cor. 5, id est, Resistentia circelli ascendentis erit ad pondus Cylindri aquæ cujus basis est circellus ille & altitudo est $\frac{1}{2} IG$, ut EFq ad $EFq - \frac{1}{2} PQq$ quamproxime. Velocitas autem circelli erit ad velocitatem quam aqua cadendo & casu suo describendo altitudinem IG acquirit, ut $EFq - PQq$ ad EFq.

Augeatur amplitudo canalis in infinitum: & rationes illæ inter $EFq - PQq$ & EFq, interque EFq & $EFq - \frac{1}{2} PQq$ accedent ultimo ad rationes æqualitatis. Et propterea Velocitas circelli ea nunc erit quam aqua cadendo & casu suo describendo altitudinem IG acquirere potest, Resistentia vero ejus æqualis evadet ponderi Cylindri cujus basis est circellus ille & altitudo dimidium est altitudinis IG, a qua Cylindrus cadere debet ut velocitatem circelli ascendentis acquirat; & hac velocitate Cylindrus, tempore cadendi, quadruplum longitudinis suæ describet. Resistentia autem Cylindri, hac velocitate secundum longitudinem suam progredientis, eadem est cum Resistentia circelli per Lemma IV; ideoque æqualis est Vi qua motus ejus, interea dum quadruplum longitudinis suæ describit, generari potest quamproxime.

Si

Si longitudo Cylindri augeatur vel minuatur: motus ejus ut & tempus quo quadruplum longitudinis suæ describit, augebitur vel minuetur in eadem ratione; adeoque Vis illa qua motus auctus vel diminutus, tempore pariter aucto vel diminuto, generari vel tolli possit, non mutabitur; ac proinde etiamnum æqualis est resistentiæ Cylindri, nam & hæc quoque immutata manet per Lemma IV.

Si densitas Cylindri augeatur vel minuatur: motus ejus ut & Vis qua motus eodem tempore generari vel tolli potest, in eadem ratione augebitur vel minuetur. Resistentia itaque Cylindri cujuscunque erit ad Vim qua totus ejus motus, interea dum quadruplum longitudinis suæ describit, vel generari possit vel tolli, ut densitas Medii ad densitatem Cylindri quamproxime. *Q.E.D.*

Fluidum autem comprimi debet ut sit continuum, continuum vero esse & non elasticum ut pressio omnis quæ ab ejus compressione oritur propagetur in instanti &, in omnes moti corporis partes æqualiter agendo, resistentiam non mutet. Pressio utique quæ a motu corporis oritur, impenditur in motum partium fluidi generandum & Resistentiam creat. Pressio autem quæ oritur a compressione fluidi, utcunque fortis sit, si propagetur in instanti, nullum generat motum in partibus fluidi continui, nullam omnino inducit motus mutationem; ideoque resistentiam nec auget nec minuit. Certe Actio fluidi, quæ ab ejus compressione oritur, fortior esse non potest in partes posticas corporis moti quam in ejus partes anticas, ideoque resistentiam in hac Propositione descriptam minuere non potest: & fortior non erit in partes anticas quam in posticas, si modo propagatio ejus infinite velocior sit quam motus corporis pressi. Infinite autem velocior erit & propagabitur in instanti, si modo fluidum sit continuum & non elasticum.

Corol. 1. Cylindrorum, qui secundum longitudines suas in Mediis continuis infinitis uniformiter progrediuntur, resistentiæ sunt in ratione quæ componitur ex duplicata ratione velocitatum & duplicata ratione diametrorum & ratione densitatis Mediorum.

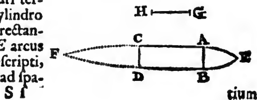
Corol. 2. Si amplitudo canalis non augeatur in infinitum, sed Cylindrus in Medio quiescente incluso secundum longitudinem suam progrediatur, & interea axis ejus cum axe canalis coincidat: Resistentia ejus erit ad vim qua totus ejus motus, quo tempore quadruplum longitudinis suæ describit, vel generari possit vel tolli, in ratione quæ componitur ex ratione EFq ad $EFq - \frac{1}{2}PQq$ semel

semel, & ratione EFq ad $EFq - PQq$ bis, & ratione densitatis Medii ad densitatem Cylindri.

Corol. 3. Iisdem positis, & quod longitudo L sit ad quadruplum longitudinis Cylindri in ratione quæ componitur ex ratione $EFq - \frac{1}{2} PQq$ ad EFq semel, & ratione $EFq - PQq$ ad EFq bis: resistentia Cylindri erit ad vim qua totus ejus motus, interea dum longitudinem L describit, vel tolli possit vel generari, ut densitas Medii ad densitatem Cylindri.

Scholium.

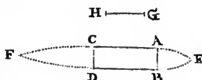
In hac Propositione resistentiam investigavimus quæ oritur a sola magnitudine transversæ sectionis Cylindri, neglecta resistentiæ parte quæ ab obliquitate motuum oriri possit. Nam quemadmodum in casu primo Propositionis XXXVI, obliquitas motuum quibus partes aquæ in vase, undique convergebant in foramen EF, impedivit effluxum aquæ illius per foramen: sic in hac Propositione, obliquitas motuum quibus partes aquæ ab anteriore Cylindri termino pressæ, cedunt pressioni & undique divergunt, retardat eorum transitum per loca in circuitu termini illius antecedentis versus posteriores partes Cylindri, efficitque ut fluidum ad majorem distantiam commoveatur & resistentiam auget, idque in ea fere ratione qua effluxum aquæ e vase diminuit, id est, in ratione duplicata 25 ad 21 circiter. Et quemadmodum, in Propositionis illius casu primo, effecimus ut partes aquæ perpendiculariter & maxima copia transirent per foramen EF, ponendo quod aqua omnis in vase quæ in circuitu cataractæ congelata fuerat, & cujus motus obliquus erat & inutilis, maneret sine motu: sic in hac Propositione, ut obliquitas motuum tollatur, & partes aquæ motu maxime directo & brevissimo cedentes facillimum præbeant transitum Cylindro, & sola maneat resistentia quæ oritur a magnitudine sectionis transversæ, quæque diminui non potest nisi diminuendo diametrum Cylindri, concipiendum est quod partes fluidi quarum motus sunt obliqui & inutiles & resistentiam creant, quiescant inter se ad utrumque Cylindri terminum, & cohæreant & Cylindro jungantur. Sit $ABCD$ rectangulum, & sint AE & BE arcus duo Parabolici axe AB descripti, latere autem recto quod sit ad spa-



S s tium

De Motu Corporum.

tium HG, describendum a Cylindro cadente dum velocitatem suam acquirit, ut HG ad $\frac{1}{4}AB$. Sint etiam CF & DF arcus alii duo Parabolici, axe CD & latere recto quod sit prioris lateris recti quadruplum descripti; & convolutione figuræ circum axem EF generetur solidum cujus media pars $ABDC$ sit Cylindrus de quo agimus, & partes extremæ ABE & CDF contineant partes fluidi inter se quiescentes & in corpora duo rigida concretas, quæ Cylindro utrinque tanquam caput & cauda adhæreant. Et solidi $EACFDB$, secundum longitudinem axis sui FE in partes versus E progredientis, resistentia ea erit quamproxime quam in hac Propositione descripsimus, id est, quæ rationem illam habet ad vim qua totus Cylindri motus, interea dum longitudo $4AC$ motu illo uniformiter continuato describatur, vel tolli possit vel generari, quam densitas Fluidi habet ad densitatem Cylindri quamproxime. Et hac vi Resistentia minor esse non potest quam in ratione 2 ad 3, per Corol. 7. Prop. XXXVI.



LEMMA V.

Si Cylindrus, Sphæra & Sphærois, quorum latitudines sunt æquales, in medio canalis Cylindrici ita locentur successive ut eorum axes cum axe canalis coincidant: hæc corpora fluxum aquæ per canalem æqualiter impedient.

Nam spatia inter Canalem & Cylindrum, Sphæram, & Sphæroidem per quæ aqua transit, sunt æqualia: & aqua per æqualia spatia æqualiter transit.

LEMMA VI.

Iisdem positis, corpora prædicta æqualiter urgentur ab aqua per canalem fluente.

Patet per Lemma V & Motus Legem tertiam. Aqua utique & corpora in se mutuo æqualiter agunt.

LEMMA

LEMMA VII.

Si aqua quiescat in canali, & hæc corpora in partes contrarias æquali velocitate per canalem ferantur: æquales erunt eorum resistentiæ inter se.

Constat ex Lemmate superiore, nam motus relativi iidem inter se manent.

Scholium.

Eadem est ratio corporum omnium convexorum & rotundorum, quorum axes cum axe canalis coincidunt. Differentia aliqua ex majore vel minore frictione oriri potest; sed in his Lemmatis corpora esse politissima supponimus, & Medii tenacitatem & frictionem esse nullam, & quod partes fluidi, quæ motibus suis obliquis & superfluis fluxum aquæ per canalem perturbare, impedire, & retardare possunt, quiescant inter se tanquam gelu constrictæ, & corporibus ad ipsorum partes anticas & posticas adhæreant, perinde ut in Scholio Propositionis præcedentis exposui. Agitur enim in sequentibus de resistentia omnium minima quam corpora rotunda, datis maximis sectionibus transversis descripta, habere possunt.

Corpora fluidis innatantia, ubi moventur in directum, efficiunt ut fluidum ad partem anticam ascendat, ad posticam subsidat, præsertim si figura sint obtusa; & inde resistentiam paulo majorem sentiunt quam si capite & cauda sint acutis. Et corpora in fluidis elasticis mota, si ante & post obtusa sint, fluidum paulo magis condensant ad anticam partem & paulo magis relaxant ad posticam; & inde resistentiam paulo majorem sentiunt quam si capite & cauda sint acutis. Sed nos in his Lemmatis & Propositionibus non agimus de fluidis elasticis, sed de non elasticis; non de insidentibus fluido, sed de alte immersis. Et ubi resistentia corporum in fluidis non elasticis innotescit, augenda erit hæc resistentia aliquantulum tam in fluidis elasticis, qualis est Aer, quam in superficiebus fluidorum stagnantium, qualia sunt maria & paludes.

PROPOSITIO XXXVIII. THEOREMA XXX.

Globi, in Fluido compresso infinito & non elastico uniformiter progredientis, resistentia est ad vim qua totus ejus motus, quo tempore octo tertias partes diametri suæ describit, vel tolli possit vel generari, ut densitas Fluidi ad densitatem Globi quamproxime.

Nam Globus est ad Cylindrum circumscriptum ut duo ad tria; & propterea Vis illa, quæ tollere possit motum omnem Cylindri interea dum Cylindrus describat longitudinem quatuor diametrorum, Globi motum omnem tollet interea dum Globus describat duas tertias partes hujus longitudinis, id est, octo tertias partes diametri propriæ. Resistentia autem Cylindri est ad hanc Vim quamproxime ut densitas Fluidi ad densitatem Cylindri vel Globi, per Prop. XXXVII; & Resistentia Globi æqualis est Resistentiæ Cylindri, per Lem. V, VI, VII. *Q. E. D.*

Corol. 1. Globorum, in Mediis compressis infinitis, resistentiæ sunt in ratione quæ componitur ex duplicata ratione velocitatis, & duplicata ratione diametri, & duplicata ratione densitatis Mediorum.

Corol. 2. Velocitas maxima quacum Globus, vi ponderis sui comparativi, in fluido resistente potest descendere, ea est quam acquirere potest Globus idem, eodem pondere, absque resistentia cadendo & casu suo describendo spatium quod sit ad quatuor tertias partes diametri suæ ut densitas Globi ad densitatem Fluidi. Nam Globus tempore casus sui, cum velocitate cadendo acquisita, describet spatium quod erit ad octo tertias diametri suæ, ut densitas Globi ad densitatem Fluidi; & vis ponderis motum hunc generans, erit ad vim quæ motum eundem generare possit quo tempore Globus octo tertias diametri suæ eadem velocitate describit, ut densitas Fluidi ad densitatem Globi: ideoque per hanc Propositionem, vis ponderis æqualis erit vi Resistentiæ, & propterea Globum accelerare non potest.

Corol. 3. Data & densitate Globi & velocitate ejus sub initio motus, ut & densitate fluidi compressi quiescentis in qua Globus movetur, datur ad omne tempus & velocitas Globi & ejus resistentia & spatium ab eo descriptum, per Corol. 7. Prop. XXXV.

Corol.

Corol. 4. Globus in fluido compresso quiescente ejusdem secum densitatis movendo, dimidiam motus sui partem prius amittet quam longitudinem duarum ipsius diametrorum descripserit, per idem Corol. 7.

PROPOSITIO XXXIX. THEOREMA XXXI.

Globi, per Fluidum in canali Cylindrico clausum & compressum uniformiter progredientis, resistentia est ad vim qua totus ejus motus, interea dum octo tertias partes diametri suæ describit, vel generari possit vel tolli, in ratione quæ componitur ex ratione orificii canalis ad excessum hujus orificii supra dimidium circuli maximi Globi, & ratione duplicata orificii canalis ad excessum hujus orificii supra circulum maximum Globi, & ratione densitatis Fluidi ad densitatem Globi quamproxime.

Patet per Corol. 2. Prop. XXXVII; procedit vero demonstratio quemadmodum in Propositione præcedente.

PROPOSITIO XL. PROBLEMA IX.

Globi, in Medio fluidissimo compresso progredientis, invenire resistentiam per Phænomena.

Sit A pondus Globi in vacuo, B pondus ejus in Medio resistente, D diameter Globi, F spatium quod sit ad $\frac{4}{3}$D ut densitas Globi ad densitatem Medii, id est, ut A ad A − B, G tempus quo Globus pondere B absque resistentia cadendo describit spatium F, & H velocitas quam Globus hocce casu suo acquirit. Et erit H velocitas maxima quacum Globus, pondere suo B, in Medio resistente potest descendere, per Corol. 2, Prop. XXXVIII; & resistentia quam Globus ea cum velocitate descendens patitur, æqualis erit ejus ponderi B: resistentia vero quam patitur in alia quacunque velocitate, erit ad pondus B in duplicata ratione velocitatis hujus ad velocitatem illam maximam G, per Corol. 1, Prop. XXXVIII.

Hæc

Hæc eſt reſiſtentia quæ oritur ab inertia materiæ Fluidi. Ea vero quæ oritur ab elaſticitate, tenacitate, & frictione partium ejus, ſic inveſtigabitur.

Demittatur Globus ut pondere ſuo B in Fluido deſcendat; & ſit P tempus cadendi, idque in minutis ſecundis ſi tempus G in minutis ſecundis habeatur. Inveniatur numerus abſolutus N qui congruit Logarithmo $0,4342944819\frac{2P}{G}$, ſitque L Logarithmus numeri $\frac{N+1}{N}$: & velocitas cadendo acquiſita erit $\frac{N-1}{N+1}H$, altitudo autem deſcripta erit $\frac{2PF}{G} - 1,3862943611F + 4,605170186LF$. Si Fluidum ſatis profundum ſit, negligi poteſt terminus $4,605170186LF$; & erit $\frac{2PF}{G} - 1,3862943611F$ altitudo deſcripta quamproxime. Patent hæc per Libri ſecundi Propoſitionem nonam & ejus Corollaria, ex Hypotheſi quod Globus nullam aliam patiatur reſiſtentiam niſi quæ oritur ab inertia materiæ. Si vero aliam inſuper reſiſtentiam patiatur, deſcenſus erit tardior, & ex retardatione innoteſcet quantitas hujus reſiſtentiæ.

Ut corporis in Fluido cadentis velocitas & deſcenſus facilius innoteſcant, compoſui Tabulam ſequentem, cujus columna prima denotat tempora deſcenſus, ſecunda exhibet velocitates cadendo acquiſitas exiſtente velocitate maxima 100000000, tertia exhibet ſpatia temporibus illis cadendo deſcripta, exiſtente 2F ſpatio quod corpus tempore G cum velocitate maxima deſcribit, & quarta exhibet ſpatia iiſdem temporibus cum velocitate maxima deſcripta. Numeri in quarta columna ſunt $\frac{2P}{G}$, & ſubducendo numerum $1,3862944 - 4,6051702L$, inveniuntur numeri in tertia columna, & multiplicandi ſunt hi numeri per ſpatium F ut habeantur ſpatia cadendo deſcripta. Quinta his inſuper adjecta eſt columna, quæ continet ſpatia deſcripta iiſdem temporibus a corpore, vi ponderis ſui comparativi B, in vacuo cadente.

Tempora

Tempora P	*Velocitates cadentis in fluido*	*Spatia cadendo descripta in fluido*	*Spatia motu maximo descripta.*	*Spatia cadendo descripta in vacuo.*
0,001 G	99999 $\frac{29}{30}$	0,000001 F	0,002 F	0,000001 F
0,01 G	999967	0,0001 F	0,02 F	0,0001 F
0,1 G	9966799	0,0099834 F	0,2 F	0,01 F
0,2 G	19737532	0,0397361 F	0,4 F	0,04 F
0,3 G	29131261	0,0886815 F	0,6 F	0,09 F
0,4 G	37994896	0,1559070 F	0,8 F	0,16 F
0,5 G	46211716	0,2402290 F	1,0 F	0,25 F
0,6 G	53704957	0,3402706 F	1,2 F	0,36 F
0,7 G	60436778	0,4545405 F	1,4 F	0,49 F
0,8 G	66403677	0,5815071 F	1,6 F	0,64 F
0,9 G	71629787	0,7196609 F	1,8 F	0,81 F
1 G	76159416	0,8675617 F	2 F	1 F
2 G	96402758	2,6500055 F	4 F	4 F
3 G	99505475	4,6186570 F	6 F	9 F
4 G	99932930	6,6143765 F	8 F	16 F
5 G	99990920	8,6137964 F	10 F	25 F
6 G	99998771	10,6137179 F	12 F	36 F
7 G	99999834	12,6137073 F	14 F	49 F
8 G	99999980	14,6137059 F	16 F	64 F
9 G	99999997	16,6137057 F	18 F	81 F
10 G	99999999 $\frac{1}{5}$	18,6137056 F	20 F	100 F

Scholium.

Ut resistentias Fluidorum investigarem per Experimenta, paravi vas ligneum quadratum, longitudine & latitudine interna digitorum novem pedis *Londinensis*, profunditate pedum novem cum semisse, idemque implevi aqua pluviali; & globis ex cera & plumbo incluso formatis, notavi tempora descensus globorum, existente descensus altitudine 112 digitorum pedis. Pes solidus cubicus *Londinensis* continet 76 libras *Romanas* aquæ pluvialis, & pedis hujus digitus solidus continet $\frac{19}{36}$ uncias libræ hujus seu grana 253 $\frac{1}{3}$; & globus aqueus diametro digiti unius descriptus continet grana 132,645

132,645 in Medio aeris, vel grana 132,8 in vacuo; & globus quilibet alius est ut excessus ponderis ejus in vacuo supra pondus ejus in aqua.

Exper. 1. Globus, cujus pondus erat 156$\frac{1}{4}$ granorum in aere & 77 granorum in aqua, altitudinem totam digitorum 112 tempore minutorum quatuor secundorum descripsit. Et experimento repetito, globus iterum cecidit eodem tempore minutorum quatuor secundorum.

Pondus globi in vacuo est 156$\frac{11}{38}$ *gran*, & excessus hujus ponderis supra pondus globi in aqua est 79$\frac{11}{38}$ *gran*. Unde prodit globi diameter 0,84224 partium digiti. Est autem ut excessus ille ad pondus globi in vacuo, ita densitas aquæ ad densitatem globi, & ita partes octo tertiæ diametri globi (*viz.* 2,24597 *dig.*) ad spatium 2 F, quod proinde erit 4,4256 *dig.* Globus tempore minuti unius secundi, toto suo pondere granorum 156$\frac{11}{38}$, cadendo in vacuo describet digitos 193$\frac{1}{3}$; & pondere granorum 77, eodem tempore, absque resistentia cadendo in aqua describet digitos 95,219; & tempore G, quod sit ad minutum unum secundum in subduplicata ratione spatii F seu 2,2128 *dig.* ad 95,219 *dig*, describet 2,2128 *dig.* & velocitatem maximam H acquiret quacum potest in aqua descendere. Est igitur tempus G 0″,15244. Et hoc tempore G, cum velocitate illa maxima H, globus describet spatium 2 F digitorum 4,4256; ideoque tempore minutorum quatuor secundorum describet spatium digitorum 116,1245. Subducatur spatium 1,3862944 F seu 3,0676 *dig.* & manebit spatium 113,0569 digitorum quod globus cadendo in aqua, in vase amplissimo, tempore minutorum quatuor secundorum describet. Hoc spatium, ob angustiam vasis lignei prædicti, minui debet in ratione quæ componitur ex subduplicata ratione orificii vasis ad excessum orificii hujus supra semicirculum maximum globi & ex simplici ratione orificii ejusdem ad excessum ejus supra circulum maximum globi, id est, in ratione 1 ad 0,9914. Quo facto, habebitur spatium 112,08 digitorum, quod Globus cadendo in aqua in hoc vase ligneo tempore minutorum quatuor secundorum per Theoriam describere debuit quamproxime. Descripsit vero digitos 112 per Experimentum.

Exper. 2. Tres Globi æquales, quorum pondera seorsim erant 76$\frac{1}{3}$ granorum in aere & 5$\frac{1}{16}$ granorum in aqua, successive demittebantur; & unusquisque cecidit in aqua tempore minutorum secundorum quindecim, casu suo describens altitudinem digitorum 112.

Com-

Computum ineundo prodeunt pondus globi in vacuo $76\frac{5}{12}$ *gran*, excessus hujus ponderis supra pondus in aqua $71\frac{17}{48}$ *gran*, diameter globi 0,81296 *dig*, octo tertiæ partes hujus diametri 2,16789 *dig*, spatium 2 F 2,3217 *dig*, spatium quod globus pondere $5\frac{1}{16}$ *gran*, tempore 1″, absque resistentia cadendo describat 12,808 *dig*, & tempus G 0″,301056. Globus igitur, velocitate maxima quacum potest in aqua vi ponderis $5\frac{1}{16}$ *gran.* descendere, tempore 0″,301056 describet spatium 2,3217 *dig.* & tempore 15″ spatium 115,678 *dig.* Subducatur spatium 1,3862944 F seu 1,609 *dig.* & manebit spatium 114,069 *dig.* quod proinde globus eodem tempore in vase latissimo cadendo describere debet. Propter angustiam vasis nostri detrahi debet spatium 0,895 *dig.* circiter. Et sic manebit spatium 113,174 *dig.* quod globus cadendo in hoc vase, tempore 15″ describere debuit per Theoriam quamproxime. Descripsit vero digitos 112 per Experimentum. Differentia est insensibilis.

Exper. 3. Globi tres æquales, quorum pondera seorsim erant 121 *gran.* in aere & 1 *gran.* in aqua, successive demittebantur; & cadebant in aqua temporibus 46″, 47″, & 50″, describentes altitudinem digitorum 112.

Per Theoriam hi globi cadere debuerunt tempore 40″ circiter. Quod tardius ceciderunt, vel bullulis nonnullis globo adhærentibus, vel rarefactioni ceræ ad calorem vel tempestatis vel manus globum demittentis, vel erroribus insensibilibus in ponderandis globis in aqua, vel denique minori proportioni resistentiæ quæ a vi inertiæ in tardis motibus oritur ad resistentiam quæ oritur ab aliis causis, tribuendum esse puto. Ideoque pondus globi in aqua debet esse plurium granorum ut experimentum certum & fide dignum reddatur.

Exper. 4. Experimenta hactenus descripta cœpi ut investigarem resistentias fluidorum antequam Theoria, in Propositionibus proxime præcedentibus exposita, mihi innotesceret. Postea, ut Theoriam inventam examinarem, paravi vas ligneum latitudine interna digitorum $8\frac{4}{5}$, profunditate pedum quindecim cum triente. Deinde ex cera & plumbo incluso globos quatuor formavi, singulos pondere $139\frac{1}{4}$ granorum in aere & $7\frac{1}{8}$ granorum in aqua. Et hos demisi ut tempora cadendi in aqua per pendulum, ad semi-minuta secunda oscillans, mensurarem. Globi, ubi ponderabantur & postea cadebant, frigidi erant & aliquamdiu frigidi manserant; quia calor ceram rarefacit, & per rarefactionem diminuit pondus globi in aqua, & cera rarefacta non statim ad densitatem pristinam per

frigus reducitur. Antequam caderent, immergebantur penitus in aquam; ne pondere partis alicujus ex aqua extantis descensus eorum sub initio accelararetur. Et ubi penitus immersi quiescebant, demittebantur quam cautissime, ne impulsum aliquem a manu demittente acciperent. Ceciderunt autem successive temporibus oscillationum $47\frac{1}{2}$, $48\frac{1}{2}$, 50 & 51, describentes altitudinem pedum quindecim & digitorum duorum. Sed tempestas jam paulo frigidior erat quam cum globi ponderabantur, ideoque iteravi experimentum alio die, & globi ceciderunt temporibus oscillationum 49, $49\frac{1}{2}$, 50 & 53, ac tertio temporibus oscillationum $49\frac{1}{2}$, 50, 51 & 53. Et experimento sæpius capto, Globi ceciderunt maxima ex parte temporibus oscillationum $49\frac{1}{2}$ & 50. Ubi tardius cecidere, suspicor eosdem retardatos fuisse impingendo in latera vasis.

Jam computum per Theoriam ineundo, prodeunt pondus globi in vacuo $139\frac{2}{5}$ granorum. Excessus hujus ponderis supra pondus globi in aqua $132\frac{11}{40}$ *gran.* Diameter globi 0,99868 *dig.* Octo tertiæ partes diametri 2,66315 *dig.* Spatium 2 F 2,8066 *dig.* Spatium quod globus pondere $7\frac{1}{8}$ granorum, tempore minuti unius secundi absque resistentia cadendo describit 9,88164 *dig.* Et tempus G 0″,376843. Globus igitur, velocitate maxima quacum potest in aqua vi ponderis $7\frac{1}{8}$ granorum descendere, tempore 0″,376843 describit spatium 2,8066 digitorum, & tempore 1″ spatium 7,44766 digitorum, & tempore 25″ seu oscillationum 50 spatium 186,1915 *dig.* Subducatur spatium 1,386294 F, seu 1,9454 *dig.* & manebit spatium 184,2461 *dig.* quod globus eodem tempore in vase latissimo describet. Ob angustiam vasis nostri, minuatur hoc spatium in ratione quæ componitur ex subduplicata ratione orificii vasis ad excessum hujus orificii supra semicirculum maximum globi, & simplici ratione ejusdem orificii ad excessum ejus supra circulum maximum globi; & habebitur spatium 181,86 digitorum, quod globus in hoc vase tempore oscillationum 50 describere debuit per Theoriam quamproxime. Descripsit vero spatium 182 digitorum tempore oscillationum $49\frac{1}{2}$ vel 50 per Experimentum.

Exper. 5. Globi quatuor pondere $154\frac{3}{8}$ *gran.* in aere & $21\frac{1}{2}$ *gran.* in aqua, sæpe demissi, cadebant tempore oscillationum $28\frac{1}{2}$, 29, $29\frac{1}{2}$ & 30, & nonnunquam 31, 32 & 33, describentes altitudinem pedum quindecim & digitorum duorum.

Per Theoriam cadere debuerunt tempore oscillationum 29 quamproxime.

Exper.

Exper. 6. Globi quinque pondere $212\frac{3}{8}$ *gran.* in aere & $79\frac{1}{2}$ in aqua, sæpe demissi, cadebant tempore oscillationum 15, $15\frac{1}{2}$, 16, 17 & 18, describentes altitudinem pedum quindecim & digitorum duorum.

Per Theoriam cadere debuerunt tempore oscillationum 15 quamproxime.

Exper. 7. Globi quatuor pondere $293\frac{3}{8}$ *gran.* in aere & $35\frac{7}{8}$ *gran.* in aqua, sæpe demissi, cadebant tempore oscillationum $29\frac{1}{2}$, 30, $30\frac{1}{2}$, 31, 32 & 33, describentes altitudinem pedum quindecim & digiti unius cum semisse.

Per Theoriam cadere debuerunt tempore oscillationum 28 quamproxime.

Causam investigando cur globorum, ejusdem ponderis & magnitudinis, aliqui citius alii tardius caderent, in hanc incidi; quod globi, ubi primum demittebantur & cadere incipiebant, oscillarent circum centra, latere illo quod forte gravius esset, primum descendente, & motum oscillatorium generante. Nam per oscillationes suas, globus majorem motum communicat aquæ, quam si sine oscillationibus descenderet; & communicando, amittit partem motus proprii quo descendere deberet: & pro majore vel minore oscillatione, magis vel minus retardatur. Quinetiam globus recedit semper a latere suo quod per oscillationem descendit, & recedendo appropinquat lateribus vasis & in latera nonnunquam impingitur. Et hæc oscillatio in globis gravioribus fortior est, & in majoribus aquam magis agitat. Quapropter, ut oscillatio globorum minor redderetur, globos novos ex cera & plumbo construxi, infigendo plumbum in latus aliquod globi prope superficiem ejus; & globum ita demisi, ut latus gravius, quoad fieri potuit, esset infimum ab initio descensus. Sic oscillationes factæ sunt multo minores quam prius, & globi temporibus minus inæqualibus ceciderunt, ut in experimentis sequentibus.

Exper. 8. Globi quatuor pondere granorum 139 in aere & $6\frac{1}{2}$ in aqua, sæpe demissi, ceciderunt temporibus oscillationum non plurium quam 52, non pauciorum quam 50, & maxima ex parte tempore oscillationum 51 circiter, describentes altitudinem digitorum 182.

Per Theoriam cadere debuerunt tempore oscillationum 52 circiter.

Exper. 9. Globi quatuor pondere granorum $273\frac{1}{4}$ in aere & $140\frac{3}{4}$ in aqua, sæpius demissi, ceciderunt temporibus oscillationum

non pauciorum quam 12, non plurium quam 13, deſcribentes altitudinem digitorum 182.

Per Theoriam vero hi globi cadere debuerunt tempore oſcillationum $11\frac{1}{3}$ quamproxime.

Exper. 10. Globi quatuor pondere granorum 384 in aere & $119\frac{1}{2}$ in aqua, ſæpe demiſſi, cadebant temporibus oſcillationum $17\frac{1}{4}$, 18, $18\frac{1}{2}$ & 19, deſcribentes altitudinem digitorum $181\frac{1}{2}$. Et ubi ceciderunt tempore oſcillationum 19, nonnunquam audivi impulſum eorum in latera vaſis antequam ad fundum pervenerunt.

Per Theoriam vero cadere debuerunt tempore oſcillationum $15\frac{1}{9}$ quamproxime.

Exper. 11. Globi tres æquales, pondere granorum 48 in aere & $3\frac{21}{32}$ in aqua, ſæpe demiſſi, ceciderunt temporibus oſcillationum $43\frac{1}{2}$, 44, $44\frac{1}{2}$, 45 & 46, & maxima ex parte 44 & 45, deſcribentes altitudinem digitorum $182\frac{1}{2}$ quamproxime.

Per Theoriam cadere debuerunt tempore oſcillationum $46\frac{5}{9}$ circiter.

Exper. 12. Globi tres æquales, pondere granorum 141 in aere & $4\frac{1}{8}$ in aqua, aliquoties demiſſi, ceciderunt temporibus oſcillationum 61, 62, 63, 64 & 65, deſcribentes altitudinem digitorum 182.

Et per Theoriam cadere debuerunt tempore oſcillationum $64\frac{1}{2}$ quamproxime.

Per hæc Experimenta manifeſtum eſt quod, ubi globi tarde ceciderunt, ut in experimentis ſecundis, quartis, quintis, octavis, undecimis ac duodecimis, tempora cadendi recte exhibentur per Theoriam: at ubi globi velocius ceciderunt, ut in experimentis ſextis, nonis ac decimis, reſiſtentia paulo major extitit quam in duplicata ratione velocitatis. Nam globi inter cadendum oſcillant aliquantulum; & hæc oſcillatio in globis levioribus & tardius cadentibus, ob motus languorem cito ceſſat; in gravioribus autem & majoribus, ob motus fortitudinem diutius durat, & non niſi poſt plures oſcillationes ab aqua ambiente cohiberi poteſt. Quinetiam globi, quo velociores ſunt, eo minus premuntur a fluido ad poſticas ſuas partes; & ſi velocitas perpetuo augeatur, ſpatium vacuum tandem a tergo relinquent, niſi compreſſio fluidi ſimul augeatur. Debet autem compreſſio fluidi (per Prop. XXXII & XXXIII) augeri in duplicata ratione velocitatis, ut reſiſtentia ſit in eadem duplicata ratione. Quoniam hoc non fit, globi velociores paulo minus premuntur a tergo, & defectu preſſionis hujus, reſiſtentia eorum ſit paulo major quam in duplicata ratione velocitatis.

Con-

Congruit igitur Theoria cum phænomenis corporum cadentium in Aqua, reliquum est ut examinemus phænomena cadentium in Aere.

Exper. 13. A culmine Ecclesiæ *Sti Pauli*, in urbe *Londini*, globi duo vitrei simul demittebantur, unus argenti vivi plenus, alter aeris; & cadendo describebant altitudinem pedum *Londinensium* 220. Tabula lignea ad unum ejus terminum polis ferreis suspendebatur, ad alterum pessulo ligneo incumbebat; & globi duo huic Tabulæ impositi simul demittebantur, subtrahendo pessulum, ut Tabula polis ferreis solummodo innixa super iisdem devolveretur, & eodem temporis momento pendulum ad minuta secunda oscillans, per filum ferreum a pessulo ad imam Ecclesiæ partem tendens, dimitteretur & oscillare inciperet. Diametri & pondera globorum ac tempora cadendi exhibentur in Tabula sequente.

Globorum mercurio plenorum.			*Globorum aere plenorum.*		
Pondera	*Diametri*	*Tempora cadendi.*	*Pondera*	*Diametri*	*Tempora cadendi.*
908 *gran.*	0,8 *digit.*	4''	510 *gran.*	5,1 *digit.*	8''½
983	0,8	4 −	642	5,2	8
866	0,8	4	599	5,1	8
747	0,75	4 +	515	5,0	8¼
808	0,75	4	483	5,0	8½
784	0,75	4 +	641	5,2	8

Cæterum tempora observata corrigi debent. Nam globi merculiales (per Theoriam *Galilæi*) minutis quatuor secundis describent pedes *Londinenses* 257, & pedes 220 minutis tantum 3'' 42'''. Tabula lignea utique, detracto pessulo, tardius devolvebatur quam par erat, & tarda sua devolutione impediebat descensum globorum sub initio. Nam globi incumbebant Tabulæ prope medium ejus, & paulo quidem propiores erant axi ejus quam pessulo. Et hinc tempora cadendi prorogata fuerunt minutis tertiis octodecim circiter, & jam corrigi debent detrahendo illa minuta, præsertim in globis majoribus qui Tabulæ devolventi paulo diutius incumbebant propter magnitudinem diametrorum. Quo facto, tempora quibus globi sex majores cecidere, evadent 8'' 12''', 7'' 42''', 7'' 42''', 7'' 57''', 8'' 12''', & 7'' 42'''.

Glo-

Globorum igitur aere plenorum quintus, diametro digitorum quinque pondere granorum 483 conſtructus, cecidit tempore 8″ 12‴, deſcribendo altitudinem pedum 220. Pondus aquæ huic globo æqualis, eſt 16600 granorum; & pondus aeris eidem æqualis eſt $\frac{16600}{860}$ *gran.* ſeu $19\frac{3}{10}$ *gran*; ideoque pondus globi in vacuo eſt $502\frac{3}{10}$ *gran*; & hoc pondus eſt ad pondus aeris globo æqualis, ut $502\frac{3}{10}$ ad $19\frac{3}{10}$, & ita ſunt 2 F ad octo tertias partes diametri globi, id eſt, ad $13\frac{1}{3}$ digitos. Unde 2 F prodeunt 28 *ped.* 11 *dig.* Globus cadendo in vacuo, toto ſuo pondere $502\frac{3}{10}$ granorum, tempore minuti unius ſecundi deſcribit digitos $193\frac{1}{3}$ ut ſupra, & pondere 483 *gran.* deſcribit digitos 185,905, & eodem pondere 483 *gran.* etiam in vacuo deſcribit ſpatium F ſeu 14 *ped.* $5\frac{1}{2}$ *dig.* tempore 57‴ 58⁗, & velocitatem maximam acquirit quacum poſſit in aere deſcendere. Hac velocitate globus, tempore 8″ 12‴, deſcribet ſpatium pedum 245 & digitorum $5\frac{1}{3}$. Aufer 1,3863 F ſeu 20 *ped.* $0\frac{1}{2}$ *dig.* & manebunt 225 *ped.* 5 *dig.* Hoc ſpatium igitur globus, tempore 8″ 12‴, cadendo deſcribere debuit per Theoriam. Deſcripſit vero ſpatium 220 pedum per Experimentum. Differentia inſenſibilis eſt.

Similibus computis ad reliquos etiam globos aere plenos applicatis, confeci Tabulam ſequentem.

Globorum pondera	*Diametri*	*Tempora cadendi ab altitudine pedum 220.*	*Spatia deſcribenda per Theoriam.*	*Exceſſus*
510 *gran.*	5,1 *dig.*	8″ 12‴	226 *ped.* 11 *dig.*	6 *ped.* 11 *dig.*
642	5,2	7 42	230 9	10 9
599	5,1	7 42	227 10	7 10
515	5	7 57	224 5	4 5
483	5	8 12	225 5	5 5
641	5,2	7 42	230 7	10 7

Globorum igitur tam in Aere quam in Aqua motorum reſiſtentia prope omnis per Theoriam noſtram recte exhibetur, ac denſitati fluidorum, paribus globorum velocitatibus ac magnitudinibus, proportionalis eſt.

In

In Scholio quod Sectioni sextæ subjunctum est, ostendimus per experimenta pendulorum quod globorum æqualium & æquivelocium in Aere, Aqua, & Argento vivo motorum resistentiæ sunt ut fluidorum densitates. Idem hic ostendimus magis accurate per experimenta corporum cadentium in Aere & Aqua. Nam pendula singulis oscillationibus motum cient in fluido motui penduli redeuntis semper contrarium, & resistentia ab hoc motu oriunda, ut & resistentia fili quo pendulum suspendebatur, totam Penduli resistentiam majorem reddiderunt quam resistentia quæ per experimenta corporum cadentium prodiit. Etenim per experimenta pendulorum in Scholio illo exposita, globus ejusdem densitatis cum Aqua, describendo longitudinem semidiametri suæ in Aere, amittere deberet motus sui partem $\frac{1}{3342}$. At per Theoriam in hac septima Sectione expositam & experimentis cadentium confirmatam, globus idem describendo longitudinem eandem, amittere deberet motus sui partem tantum $\frac{1}{4586}$, posito quod densitas Aquæ sit ad densitatem Aeris ut 860 ad 1. Resistentiæ igitur per experimenta pendulorum majores prodiere (ob causas jam descriptas) quam per experimenta globorum cadentium, idque in ratione 4 ad 3 circiter. Attamen cum pendulorum in Aere, Aqua, & Argento vivo oscillantium resistentiæ a causis similibus similiter augeantur, proportio resistentiarum in his Mediis, tam per experimenta pendulorum, quam per experimenta corporum cadentium, satis recte exhibebitur. Et inde concludi potest quod corporum in fluidis quibuscunque fluidissimis motorum resistentiæ, cæteris paribus, sunt ut densitates fluidorum.

His ita stabilitis, dicere jam licet quamnam motus sui partem globus quilibet, in fluido quocunque projectus, dato tempore amittet quamproxime. Sit D diameter globi, & V velocitas ejus sub initio motus, & T tempus quo globus velocitate V in vacuo describet spatium quod sit ad spatium $\frac{8}{3}$D ut densitas globi ad densitatem fluidi: & globus in fluido illo projectus, tempore quovis alio t, amittet velocitatis suæ partem $\frac{tV}{T+t}$, manente parte $\frac{TV}{T+t}$, & describet spatium quod sit ad spatium uniformi velocitate V eodem tempore descriptum in vacuo, ut logarithmus numeri $\frac{T+t}{T}$ multiplicatus per numerum 2,302585093 est ad numerum $\frac{t}{T}$, per Corol.

Corol. 7, Prop. xxxv. In motibus tardis resistentia potest esse paulo minor, propterea quod figura Globi paulo aptior sit ad motum quam figura Cylindri eadem diametro descripti. In motibus velocibus resistentia potest esse paulo major, propterea quod elasticitas & compressio fluidi non augeantur in duplicata ratione velocitatis. Sed hujusmodi minutias hic non expendo.

Et quamvis Aer, Aqua, Argentum vivum & similia fluida, per divisionem partium in infinitum, subtiliarentur & fierent Media infinite fluida; tamen globis projectis haud minus resisterent. Nam resistentia, de qua agitur in Propositionibus præcedentibus, oritur ab inertia materiæ; & inertia materiæ corporibus essentialis est & quantitati materiæ semper proportionalis. Per divisionem partium fluidi, resistentia quæ oritur a tenacitate & frictione partium, diminui quidem potest: sed quantitas materiæ per divisionem partium ejus non diminuitur; & manente quantitate materiæ, manet ejus vis inertiæ cui resistentia, de qua hic agitur, semper proportionalis est. Ut hæc resistentia diminuatur, diminui debet quantitas materiæ in spatiis per quæ corpora moventur. Et propterea spatia Cœlestia, per quæ globi Planetarum & Cometarum in omnes partes liberrime & absque omni motus diminutione sensibili perpetuo moventur, fluido omni corporeo destituuntur, si forte vapores longe tenuissimos & trajectos lucis radios excipias.

Projectilia utique motum cient in fluidis progrediendo, & hic motus oritur ab excessu pressionis fluidi ad projectilis partes anticas supra pressionem ad ejus partes posticas, & non minor esse potest in Mediis infinite fluidis quam in Aere, Aqua, & Argento vivo pro densitate materiæ in singulis. Hic autem pressionis excessus, pro quantitate sua, non tantum motum ciet in fluido, sed etiam agit in projectile ad motum ejus retardandum: & propterea resistentia in omni fluido, est ut motus in fluido a projectili excitatus, nec minor esse potest in Æthere subtilissimo pro densitate Ætheris, quam in Aere, Aqua, & Argento vivo pro densitatibus horum fluidorum.

SECTIO

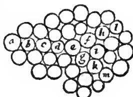
SECTIO VIII.

De Motu per Fluida propagato.

PROPOSITIO XLI. THEOREMA XXXII.

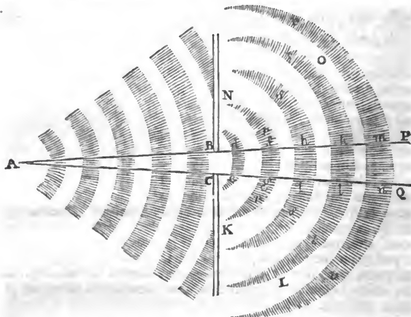
Pressio non propagatur per Fluidum secundum lineas rectas, nisi ubi particulæ Fluidi in directum jacent.

Si jaceant particulæ *a*, *b*, *c*, *d*, *e* in linea recta, potest quidem pressio directe propagari ab *a* ad *e*; at particula *e* urgebit particulas oblique positas *f* & *g* oblique, & particulæ illæ *f* & *g* non sustinebunt pressionem illatam, nisi fulciantur a particulis ulterioribus *h* & *k*; quatenus autem fulciuntur, premunt particulas fulcientes; & hæ non sustinebunt pressionem nisi fulciantur ab ulterioribus *l* & *m* easque premant, & sic deinceps in infinitum. Pressio igitur, quam primum propagatur ad particulas quæ non in directum jacent, divaricare incipiet & oblique propagabitur in infinitum; & postquam incipit oblique propagari, si inciderit in particulas ulteriores, quæ non in directum jacent, iterum divaricabit; idque toties, quoties in particulas non accurate in directum jacentes inciderit. *Q. E. D.*



Corol. Si pressionis, a dato puncto per Fluidum propagatæ, pars aliqua obstaculo intercipiatur; pars reliqua, quæ non intercipitur, divaricabit in spatia pone obstaculum. Id quod sic etiam demonstrari potest. A puncto *A* propagetur pressio quaquaversum, idque si fieri potest secundum lineas rectas, & obstaculo *NBCK* perforato in *BC*, intercipiatur ea omnis, præter partem Coniformem *APQ*, quæ per foramen circulare *BC* transit. Planis transversis *de*, *fg*, *hi* distinguatur conus *APQ* in frusta; & interea dum conus *ABC*, pressionem propagando, urget frustum

ſtum conicum ulterius *degf* in ſuperficie *de*, & hoc fruſtum urget fruſtum proximum *fgih* in ſuperficie *fg*, & fruſtum illud urget fruſtum tertium, & ſic deinceps in infinitum; manifeſtum eſt (per motus Legem tertiam) quod fruſtum primum *defg*, reactione fruſti ſecundi *fghi*, tantum urgebitur & premetur in ſuperficie *fg*, quantum urget & premit fruſtum illud ſecundum. Fruſtum igitur *degf* inter conum *Ade* & fruſtum *fhig* comprimitur utrinque, & propterea (per Corol. 6. Prop. XIX.) figuram ſuam ſervare nequit, niſi vi eadem comprimatur undique.



Eodem igitur impetu quo premitur in ſuperficiebus *de*, *fg*, conabitur cedere ad latera *df*, *eg*; ibique (cum rigidum non ſit, ſed omnimodo Fluidum) excurret ac dilatabitur, niſi Fluidum ambiens adſit, quo conatus iſte cohibeatur. Proinde conatu excurrendi, premet tam Fluidum ambiens ad latera *df*, *eg* quam fruſtum *fghi* eodem impetu; & propterea preſſio non minus propagabitur a lateribus *df*, *eg* in ſpatia *NO*, *KL* hinc inde, quam propagatur a ſuperficie *fg* verſus *PQ*. *Q.E.D.*

PRO-

PROPOSITIO XLII. THEOREMA XXXIII.

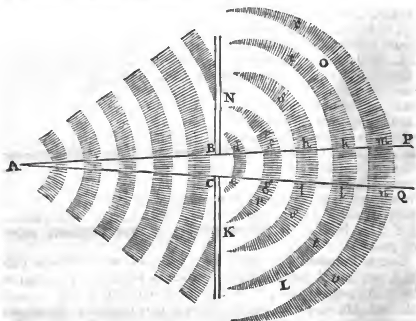
Motus omnis per Fluidum propagatus divergit a recto tramite in ſpatia immota.

Cas. 1. Propagetur motus a puncto *A* per foramen *BC*, pergatque (ſi fieri poteſt) in ſpatio conico *BCQP*, ſecundum lineas rectas divergentes a puncto *C*. Et ponamus primo quod motus iſte ſit undarum in ſuperficie ſtagnantis aquæ. Sintque *de*, *fg*, *hi*, *kl*, &c. undarum ſingularum partes altiſſimæ, vallibus totidem intermediis ab invicem diſtinctæ. Igitur quoniam aqua in undarum jugis altior eſt quam in Fluidi partibus immotis *LK*, *NO*, defluet eadem de jugorum terminis *e*, *g*, *i*, *l*, &c. *d*, *f*, *h*, *k*, &c. hinc inde, verſus *KL* & *NO*: & quoniam in undarum vallibus depreſſior eſt quam in Fluidi partibus immotis *KL*, *NO*; defluet eadem de partibus illis immotis in undarum valles. Defluxu priore undarum juga, poſteriore valles hinc inde dilatantur & propagantur verſus *KL* & *NO*. Et quoniam motus undarum ab *A* verſus *PQ* fit per continuum defluxum jugorum in valles proximos, adeoque celerior non eſt quam pro celeritate deſcenſus; & deſcenſus aquæ, hinc inde, verſus *KL* & *NO* eadem velocitate peragi debet; propagabitur dilatatio undarum, hinc inde, verſus *KL* & *NO*, eadem velocitate qua undæ ipſæ ab *A* verſus *PQ* recta progrediuntur. Proindeque ſpatium totum hinc inde, verſus *KL* & *NO*, ab undis dilatatis *rfgr*, *shis*, *tklt*, *vmnv*, &c. occupabitur. *Q.E.D.* Hæc ita ſe habere quilibet in aqua ſtagnante experiri poteſt.

Cas. 2. Ponamus jam quod *de*, *fg*, *hi*, *kl*, *mn* deſignent pulſus a puncto *A*, per Medium Elaſticum, ſucceſſive propagatos. Pulſus propagari concipe per ſucceſſivas condenſationes & rarefactiones Medii, ſic ut pulſus cujuſque pars denſiſſima ſphæricam occupet ſuperficiem circa centrum *A* deſcriptam, & inter pulſus ſucceſſivos æqualia intercedant intervalla. Deſignent autem lineæ *de*, *fg*, *hi*, *kl*, &c. denſiſſimas pulſuum partes, per foramen *BC* propagatas. Et quoniam Medium ibi denſius eſt quam in ſpatiis hinc inde verſus *KL* & *NO*, dilatabit ſeſe tam verſus ſpatia illa *KL*, *NO* utrinque ſita, quam verſus pulſuum rariora intervalla;

 eoque

eoque pacto rarius semper evadens e regione intervallorum ac densius e regione pulsuum, participabit eorundem motum. Et quoniam pulsuum progressivus motus oritur a perpetua relaxatione partium densiorum versus antecedentia intervalla rariora; & pulsus eadem fere celeritate sese in Medii partes quiescentes *KL*, *NO* hinc inde relaxare debent; pulsus illi eadem fere celeritate sese dilatabunt undique in spatia immota *KL*, *NO*, qua propagantur directe a centro *A*; adeoque spatium totum *KLON* occupabunt. *Q.E.D.* Hoc experimur in Sonis, qui vel monte interposito audiuntur, vel in cubiculum per fenestram admissi sese in omnes cubiculi partes dilatant, inque angulis omnibus audiuntur, non tam reflexi a parietibus oppositis, quam a fenestra directe propagati, quantum ex sensu judicare licet.



Cas. 3. Ponamus denique quod motus cujuscunque generis propagetur ab *A* per foramen *BC*: & quoniam propagatio ista non fit, nisi quatenus partes Medii centro *A* propiores urgent commoventque partes ulteriores; & partes quæ urgentur fluidæ sunt, ideoque recedunt quaquaversum in regiones ubi minus premuntur:

muntur: recedent eædem versus Medii partes omnes quiescentes, tam laterales KL & NO, quam anteriores PQ, eoque pacto motus omnis, quam primum per foramen BC transiit, dilatari incipiet & abinde, tanquam a principio & centro, in partes omnes directe propagari. *Q.E.D.*

PROPOSITIO XLIII. THEOREMA XXXIV.

Corpus omne tremulum in Medio Elastico propagabit motum pulsuum undique in directum; in Medio vero non Elastico motum circularem excitabit.

Cas. 1. Nam partes corporis tremuli vicibus alternis eundo & redeundo, itu suo urgebunt & propellent partes Medii sibi proximas, & urgendo compriment easdem & condensabunt; dein reditu suo sinent partes compressas recedere & sese expandere. Igitur partes Medii corpori tremulo proximæ ibunt & redibunt per vices, ad instar partium corporis illius tremuli: & qua ratione partes corporis hujus agitabant hasce Medii partes, hæ similibus tremoribus agitatæ agitabunt partes sibi proximas, eæque similiter agitatæ agitabunt ulteriores, & sic deinceps in infinitum. Et quemadmodum Medii partes primæ eundo condensantur & redeundo relaxantur, sic partes reliquæ quoties eunt condensabuntur, & quoties redeunt sese expandent. Et propterea non omnes ibunt & simul redibunt (sic enim determinatas ab invicem distantias servando, non rarefierent & condensarentur per vices) sed accedendo ad invicem ubi condensantur, & recedendo ubi rarefiunt, aliquæ earum ibunt dum aliæ redeunt; idque vicibus alternis in infinitum. Partes autem euntes & eundo condensatæ, ob motum suum progressivum quo feriunt obstacula, sunt pulsus; & propterea pulsus successivi a corpore omni tremulo in directum propagabuntur; idque æqualibus circiter ab invicem distantiis, ob æqualia temporis intervalla, quibus corpus tremoribus suis singulis singulos pulsus excitat. Et quanquam corporis tremuli partes eant & redeant secundum plagam aliquam certam & determinatam, tamen pulsus inde per Medium propagati sese dilatabunt ad latera, per Propositionem præcedentem; & a corpore illo tremulo tanquam centro communi, secundum superficies propemodum sphæricas & concentricas, undique propagabuntur. Cujus rei

rei exemplum aliquod habemus in Undis, quæ si digito tremulo excitentur, non solum pergent hinc inde secundum plagam motus digiti, sed, in modum circulorum concentricorum, digitum statim cingent & undique propagabuntur. Nam gravitas Undarum supplet locum vis Elasticæ.

Cas. 2. Quod si Medium non sit Elasticum: quoniam ejus partes a corporis tremuli partibus vibratis pressæ condensari nequeunt, propagabitur motus in instanti ad partes ubi Medium facillime cedit, hoc est, ad partes quas corpus tremulum alioqui vacuas a tergo relinqueret. Idem est casus cum casu corporis in Medio quocunque projecti. Medium cedendo projectilibus, non recedit in infinitum; sed in circulum eundo, pergit ad spatia quæ corpus relinquit a tergo. Igitur quoties corpus tremulum pergit in partem quamcunque, Medium cedendo perget per circulum ad partes quas corpus relinquit; & quoties corpus regreditur ad locum priorem, Medium inde repelletur & ad locum suum priorem redibit. Et quamvis corpus tremulum non sit firmum, sed modis omnibus flexile, si tamen magnitudine datum maneat, quoniam tremoribus suis nequit Medium ubivis urgere, quin alibi eidem simul cedat; efficiet ut Medium, recedendo a partibus ubi premitur, pergat semper in orbem ad partes quæ eidem cedunt. *Q. E. D.*

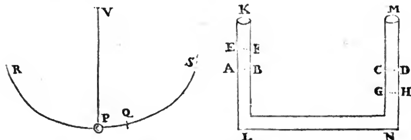
Corol. Hallucinantur igitur qui credunt agitationem partium Flammæ ad pressionem, per Medium ambiens, secundum lineas rectas propagandam conducere. Debebit ejusmodi pressio non ab agitatione sola partium Flammæ, sed a totius dilatatione derivari.

PROPOSITIO XLIV. THEOREMA XXXV.

Si aqua in Canalis cruribus erectis KL, MN *vicibus alternis ascendat & descendat; construatur autem Pendulum cujus longitudo inter punctum suspensionis & centrum oscillationis æquetur semissi longitudinis aquæ in Canali: dico quod aqua ascendet & descendet iisdem temporibus quibus Pendulum oscillatur.*

Longitudinem aquæ mensuro secundum axes canalis & crurum, eandem summæ horum axium æquando; & resistentiam aquæ quæ oritur

oritur ab attritu canalis, hic non confidero. Defignent igitur *AB*, *CD* mediocrem altitudinem aquæ in crure utroque; & ubi aqua in crure *KL* afcendit ad altitudinem *EF*, defcenderit aqua in crure *MN* ad altitudinem *GH*. Sit autem *P* corpus pendulum, *VP* filum, *V* punctum fufpenfionis, *SPQR* Cyclois quam Pendulum defcribat, *P* ejus punctum infimum, *PQ* arcus altitudini *AE* æqualis. Vis, qua motus aquæ alternis vicibus acceleratur



& retardatur, eft exceffus ponderis aquæ in alterutro crure fupra pondus in altero, ideoque, ubi aqua in crure *KL* afcendit ad *EF*, & in crure altero defcendit ad *GH*, vis illa eft pondus duplicatum aquæ *EABF*, & propterea eft ad pondus aquæ totius ut *AE* feu *PQ* ad *VP* feu *PR*. Vis etiam, qua pondus *P* in loco quovis *Q* acceleratur & retardatur in Cycloide, (per Corol. Prop. LI.) eft ad ejus pondus totum, ut ejus diftantia *PQ* a loco infimo *P*, ad Cycloidis longitudinem *PR*. Quare aquæ & penduli, æqualia fpatia *AE*, *PQ* defcribentium, vires motrices funt ut pondera movenda; ideoque, fi aqua & pendulum in principio quiefcunt, vires illæ movebunt eadem æqualiter temporibus æqualibus, efficientque ut motu reciproco fimul eant & redeant. *Q.E.D.*

Corol. 1. Igitur aquæ afcendentis & defcendentis, five motus intenfior fit five remiffior, vices omnes funt Ifochronæ.

Corol. 2. Si longitudo aquæ totius in canali fit pedum *Parifienfium* $6\frac{1}{9}$: aqua tempore minuti unius fecundi defcendet, & tempore minuti alterius fecundi afcendet; & fic deinceps vicibus alternis in infinitum. Nam pendulum pedum $3\frac{1}{18}$ longitudinis, tempore minuti unius fecundi ofcillatur.

Corol.

Corol. 3. Aucta autem vel diminuta longitudine aquæ, augetur vel diminuitur tempus reciprocationis in longitudinis ratione subduplicata.

PROPOSITIO XLV. THEOREMA XXXVI.

Undarum velocitas est in subduplicata ratione latitudinum.

Consequitur ex constructione Propositionis sequentis.

PROPOSITIO XLVI. PROBLEMA X.

Invenire velocitatem Undarum.

Constituatur Pendulum cujus longitudo, inter punctum suspensionis & centrum oscillationis, æquetur latitudini Undarum: & quo tempore pendulum illud oscillationes singulas peragit, eodem Undæ progrediendo latitudinem suam propemodum conficient.

Undarum latitudinem voco mensuram transversam, quæ vel vallibus imis, vel summis culminibus interjacet. Designet *ABCDEF* superficiem aquæ stagnantis, undis successivis ascendentem ac descendentem; sintque *A*, *C*, *E*, &c. undarum culmina, & *B*, *D*, *F*, &c. valles intermedii. Et quoniam motus undarum fit per aquæ successivum ascensum & descensum, sic ut ejus partes *A*, *C*, *E*, &c. quæ nunc altissimæ sunt, mox fiant infimæ; & vis motrix, qua partes altissimæ descendunt & infimæ ascendunt, est pondus aquæ elevatæ; alternus ille ascensus & descensus analogus erit motui reciproco aquæ in canali, easdemque temporis leges observabit: & propterea (per Prop. XLIV) si distantiæ inter undarum loca altissima *A*, *C*, *E* & infima *B*, *D*, *F* æquentur duplæ penduli longitudini; partes altissimæ *A*, *C*, *E*, tempore oscillationis unius evadent infimæ, & tempore oscillationis alterius denuo ascendent. Igitur inter transitum Undarum singularum tempus erit oscillationum duarum; hoc est, Unda describet latitudinem suam, quo tempore pendulum illud bis oscillatur; sed eodem tempore pendulum, cujus longitudo quadrupla est, adeoque æquat undarum latitudinem, oscillabitur semel. *Q.E.I.*

Corol. 1. Igitur Undæ, quæ pedes *Parisienses* $3\frac{1}{18}$ latæ sunt, tempore minuti unius secundi progrediendo latitudinem suam conficient; adeoque tempore minuti unius primi percurrent pedes $183\frac{1}{3}$, & horæ spatio pedes 11000 quamproxime.

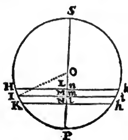
Corol. 2.

Corol. 2. Et undarum majorum vel minorum velocitas augebitur vel diminuetur in subduplicata ratione latitudinis.

Hæc ita se habent ex Hypothesi quod partes aquæ recta ascendunt vel recta descendunt; sed ascensus & descensus ille verius fit per circulum, ideoque tempus hac Propositione non nisi quamproxime definitum esse affirmo.

PROP. XLVII. THEOR. XXXVII.

Pulsibus per Fluidum propagatis, singulæ Fluidi particulæ, motu reciproco brevissimo euntes & redeuntes, accelerantur semper & retardantur pro lege oscillantis Penduli.

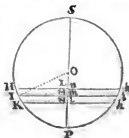


Designent *AB*, *BC*, *CD*, &c. pulsuum successivorum æquales distantias; *ABC* plagam motus pulsuum ab *A* versus *B* propagati; *E*, *F*, *G* puncta tria Physica Medii quiescentis, in recta *AC* ad æquales ab invicem distantias sita; *Ee*, *Ff*, *Gg*, spatia æqualia perbrevia per quæ puncta illa motu reciproco singulis vibrationibus eunt & redeunt; ϵ, φ, γ loca quævis intermedia eorundem punctorum; & *EF*, *FG* lineolas Physicas seu Medii partes lineares punctis illis interjectas, & successive translatas in loca $\epsilon\varphi$, $\varphi\gamma$ & *ef*, *fg*. Rectæ *Ee* æqualis ducatur recta *PS*. Bisecetur eadem in *O*, centroque *O* & intervallo *OP* describatur circulus *SIPi*. Per hujus circumferentiam totam cum partibus suis exponatur tempus totum vibrationis unius cum ipsius partibus proportionalibus; sic ut completo tempore quovis *PH* vel *PHSh*, si demittatur ad *PS* perpendiculum *HL* vel *hl*, & capiatur $E\epsilon$ æqualis *PL* vel *Pl*, punctum Physicum *E* reperiatur

 in

in ϵ. Hac lege punctum quodvis E, eundo ab E per ϵ ad e, & inde redeundo per ϵ ad E, iisdem accelerationis ac retardationis gradibus vibrationes singulas peraget cum oscillante Pendulo. Probandum est quod singula Medii puncta Physica tali motu agitari debeant. Fingamus igitur Medium tali motu a causa quacunque cieri, & videamus quid inde sequatur.

In circumferentia $PHSh$ capiantur æquales arcus HI, IK vel hi, ik, eam habentes rationem ad circumferentiam totam quam habent æquales rectæ EF, FG ad pulsuum intervallum totum BC. Et demissis perpendiculis IM, KN vel im, kn; quoniam puncta E, F, G motibus similibus successive agitantur, & vibrationes suas integras ex itu & reditu compositas interea peragunt dum pulsus transfertur a B ad C; si PH vel $PHSh$ sit tempus ab initio motus puncti E, erit PI vel $PHSi$ tempus ab initio motus puncti F, & PK vel $PHSk$ tempus ab initio motus puncti G; & propterea $E\epsilon$, $F\varphi$, $G\gamma$ erunt ipsis PL, PM, PN in itu punctorum, vel ipsis Pl, Pm, Pn in punctorum reditu, æquales respective. Unde $\epsilon\gamma$ seu $EG+G\gamma-E\epsilon$ in itu punctorum æqualis erit $EG-LN$, in reditu autem æqualis $EG+ln$. Sed $\epsilon\gamma$ latitudo est seu expansio partis Medii EG in loco $\epsilon\gamma$; & propterea expansio partis illius in itu, est ad ejus expansionem mediocrem, ut $EG-LN$ ad EG; in reditu autem ut $EG+ln$ seu $EG+LN$ ad EG. Quare cum sit LN ad KH ut IM ad radium OP, & KH ad EG ut circumferentia $PHShP$ ad BC, id est (si ponatur V pro radio circuli circumferentiam habentis æqualem intervallo pulsuum BC) ut OP ad V; & ex æquo LN ad EG, ut IM ad V: erit expansio partis EG punctive Physici F in loco $\epsilon\gamma$, ad expansionem



pansionem mediocrem quam pars illa habet in loco suo primo EG, ut $V - IM$ ad V in itu, utque $V + im$ ad V in reditu. Unde vis elastica puncti F in loco $\epsilon\gamma$, est ad vim ejus elasticam mediocrem in loco EG, ut $\frac{1}{V - IM}$ ad $\frac{1}{V}$ in itu, in reditu vero ut $\frac{1}{V + im}$ ad $\frac{1}{V}$. Et eodem argumento vires elasticæ punctorum Physicorum E & G in itu, sunt ut $\frac{1}{V - HL}$ & $\frac{1}{V - KN}$ ad $\frac{1}{V}$; & virium differentia ad Medii vim elasticam mediocrem, ut $\frac{HL - KN}{VV - V \times HL - V \times KN + HL \times KN}$ ad $\frac{1}{V}$. Hoc est, ut $\frac{HL - KN}{VV}$ ad $\frac{1}{V}$, sive ut $HL - KN$ ad V, si modo (ob angustos limites vibrationum) supponamus HL & KN indefinite minores esse quantitate V. Quare cum quantitas V detur, differentia virium est ut $HL - KN$, hoc est (ob proportionales $HL - KN$ ad HK, & OM ad OI vel OP, datasque HK & OP) ut OM; id est, si Ff bisecetur in Ω, ut $\Omega\varphi$. Et eodem argumento differentia virium elasticarum punctorum Physicorum ϵ & γ, in reditu lineolæ Physicæ $\epsilon\gamma$ est ut $\Omega\varphi$. Sed differentia illa (id est, excessus vis elasticæ puncti ϵ supra vim elasticam puncti γ,) est vis qua interjecta Medii lineola Physica $\epsilon\gamma$ acceleratur; & propterea vis acceleratrix lineolæ Physicæ $\epsilon\gamma$, est ut ipsius distantia a medio vibrationis loco Ω. Proinde tempus (per Prop. XXXVIII. Lib. I.) recte exponitur per arcum PI; & Medii pars linearis $\epsilon\gamma$ lege præscripta movetur, id est, lege oscillantis Penduli: estque par ratio partium omnium linearium ex quibus Medium totum componitur. *Q.E.D.*

Corol. Hinc patet quod numerus pulsuum propagatorum idem sit cum numero vibrationum corporis tremuli, neque multiplicatur in eorum progressu. Nam lineola Physica $\epsilon\gamma$, quamprimum ad locum suum primum redierit, quiescet; neque deinceps movebitur, nisi vel ab impetu corporis tremuli, vel ab impetu pulsuum qui a corpore tremulo propagantur, motu novo cieatur. Quiescet igitur quamprimum pulsus a corpore tremulo propagari desinunt.

PROPOSITIO XLVIII. THEOREMA XXXVIII.

Pulsuum in Fluido Elastico propagatorum velocitates, sunt in ratione composita ex subduplicata ratione vis Elasticæ directe & subduplicata ratione densitatis inverse; si modo Fluidi vis Elastica ejusdem condensationi proportionalis esse supponatur.

Cas. 1. Si Media sint homogenea, & pulsuum distantiæ in his Mediis æquentur inter se, sed motus in uno Medio intensior sit: contractiones & dilatationes partium analogarum erunt ut iidem motus. Accurata quidem non est hæc proportio. Verum tamen nisi contractiones & dilatationes sint valde intensæ, non errabit sensibiliter, ideoque pro Physice accurata haberi potest. Sunt autem vires Elasticæ motrices ut contractiones & dilatationes; & velocitates partium æqualium simul genitæ sunt ut vires. Ideoque æquales & correspondentes pulsuum correspondentium partes, itus & reditus suos per spatia contractionibus & dilatationibus proportionalia, cum velocitatibus quæ sunt ut spatia, simul peragent: & propterea pulsus, qui tempore itus & reditus unius latitudinem suam progrediendo conficiunt, & in loca pulsuum proxime præcedentium semper succedunt, ob æqualitatem distantiarum, æquali cum velocitate in Medio utroque progredientur.

Cas. 2. Sin pulsuum distantiæ seu longitudines sint majores in uno Medio quam in altero; ponamus quod partes correspondentes spatia latitudinibus pulsuum proportionalia singulis vicibus eundo & redeundo describant: & æquales erunt earum contractiones & dilatationes. Ideoque si Media sint homogenea, æquales erunt etiam vires illæ Elasticæ motrices quibus reciproco motu agitantur. Materia autem his viribus movenda, est ut pulsuum latitudo; & in eadem ratione est spatium per quod singulis vicibus eundo & redeundo moveri debent. Estque tempus itus & reditus unius in ratione composita ex ratione subduplicata materiæ & ratione subduplicata spatii, atque adeo ut spatium. Pulsus autem temporibus itus & reditus unius eundo latitudines suas conficiunt, hoc est, spatia temporibus proportionalia percurrunt; & propterea sunt æquiveloces.

Cas 3. In Mediis igitur densitate & vi Elastica paribus, pulsus omnes sunt æquiveloces. Quod si Medii vel densitas vel vis Elastica intendatur, quoniam vis motrix in ratione vis Elasticæ, & materia movenda in ratione densitatis augetur; tempus quo motus

tus

tus iidem peragantur ac prius, augebitur in subduplicata ratione densitatis, ac diminuetur in subduplicata ratione vis Elasticæ. Et propterea velocitas pulsuum erit in ratione composita ex ratione subduplicata densitatis Medii inverse & ratione subduplicata vis Elasticæ directe. *Q. E. D.*

Hæc Propositio ulterius patebit ex constructione sequentis.

PROPOSITIO XLIX. PROBLEMA XI.

Datis Medii densitate & vi Elastica, invenire velocitatem pulsuum.

Fingamus Medium ab incumbente pondere, pro more Aeris nostri comprimi; sitque A altitudo Medii homogenei, cujus pondus adæquet pondus incumbens, & cujus densitas eadem sit cum densitate Medii compressi, in quo pulsus propagantur. Constitui autem intelligatur Pendulum, cujus longitudo inter punctum suspensionis & centrum oscillationis sit A: & quo tempore Pendulum illud oscillationem integram ex itu & reditu compositam peragit, eodem pulsus eundo conficiet spatium circumferentiæ circuli radio A descripti æquale.

Nam stantibus quæ in Propositione XLVII constructa sunt, si linea quævis Physica EF, singulis vibrationibus describendo spatium PS, urgeatur in extremis itus & reditus cujusque locis P & S, a vi Elastica quæ ipsius ponderi æquetur; peraget hæc vibrationes singulas quo tempore eadem in Cycloide, cujus perimeter tota longitudini PS æqualis est, oscillari posset: id adeo quia vires æquales æqualia corpuscula per æqualia spatia simul impellent. Quare cum oscillationum tempora sint in subduplicata ratione longitudinis Pendulorum, & longitudo Penduli æquetur dimidio arcui Cycloidis totius; foret tempus vibrationis unius ad tempus oscillationis Penduli cujus longitudo est A, in subduplicata ratione longitudinis $\frac{1}{2}PS$ seu PO ad longitudinem A. Sed vis Elastica qua lineola Physica EG, in locis suis extremis P, S existens, urgetur, erat (in demonstratione Propositionis XLVII) ad ejus vim totam Elasticam ut $HL - KN$ ad V, hoc est (cum punctum K jam incidat in P) ut HK ad V: & vis illa tota, hoc est pondus incumbens, quo lineola EG comprimitur, est ad pondus lineolæ ut ponderis incumbentis altitudo A ad lineolæ longitudinem EG; adeoque ex æquo, vis qua lineola EG in locis suis P & S urgetur, est ad lineolæ illius pondus ut $HK \times A$ ad $V \times EG$, sive ut $PO \times A$ ad VV, nam HK erat ad EG ut

PO

PO ad V. Quare cum tempora, quibus æqualia corpora per æqualia spatia impelluntur, sint reciproce in subduplicata ratione virium, erit tempus vibrationis unius urgente vi illa Elastica, ad tempus vibrationis urgente vi ponderis, in subduplicata ratione VV ad $PO \times A$, atque adeo ad tempus oscillationis Penduli cujus longitudo est A, in subduplicata ratione VV ad $PO \times A$, & subduplicata ratione *PO* ad A conjunctim; id est, in ratione integra V ad A. Sed tempore vibrationis unius ex itu & reditu compositæ, pulsus progrediendo conficit latitudinem suam *BC*. Ergo tempus quo pulsus percurrit spatium *BC*, est ad tempus oscillationis unius ex itu & reditu compositæ, ut V ad A, id est, ut *BC* ad circumferentiam circuli cujus radius est A. Tempus autem, quo pulsus percurret spatium *BC*, est ad tempus quo percurret longitudinem huic circumferentiæ æqualem, in eadem ratione; ideoque tempore talis oscillationis pulsus percurret longitudinem huic circumferentiæ æqualem. *Q. E. D.*

Corol. 1. Velocitas pulsuum ea est quam acquirunt Gravia, æqualiter accelerato motu cadendo, & casu suo describendo dimidium altitudinis A. Nam tempore casus hujus, cum velocitate cadendo acquisita, pulsus percurret spatium quod erit æquale toti altitudini A, adeoque tempore oscillationis unius ex itu & reditu compositæ, percurret spatium æquale circumferentiæ circuli radio A descripti: est enim tempus casus ad tempus oscillationis ut radius circuli ad ejusdem circumferentiam.

Corol. 2. Unde cum altitudo illa A sit ut Fluidi vis Elastica directe & densitas ejusdem inverse; velocitas pulsuum erit in ratione composita ex subduplicata ratione densitatis inverse & subduplicata ratione vis Elasticæ directe.

PROPOSITIO L. PROBLEMA XII.

Invenire pulsuum distantias.

Corporis, cujus tremore pulsus excitantur, inveniatur numerus Vibrationum dato tempore. Per numerum illum dividatur spatium quod pulsus eodem tempore percurrere possit, & pars inventa erit pulsus unius latitudo. *Q. E. I.*

Scholium.

Spectant Propositiones novissimæ ad motum Lucis & Sonorum. Lux enim cum propagetur secundum lineas rectas, in actione sola

(per

(per Prop. XLI. & XLII.) consistere nequit. Soni vero propterea quod a corporibus tremulis oriantur, nihil aliud sunt quam aeris pulsus propagati, per Prop. XLIII. Confirmatur id ex tremoribus quos excitant in corporibus objectis, si modo vehementes sint & graves, quales sunt soni Tympanorum. Nam tremores celeriores & breviores difficilius excitantur. Sed & sonos quosvis, in chordas corporibus sonoris unisonas impactos, excitare tremores notissimum est. Confirmatur etiam ex velocitate sonorum. Nam cum pondera specifica Aquæ pluvialis & Argenti vivi sint ad invicem ut 1 ad $13\frac{2}{3}$ circiter, & ubi Mercurius in *Barometro* altitudinem attingit digitorum *Anglicorum* 30, pondus specificum Aeris & aquæ pluvialis sint ad invicem ut 1 ad 870 circiter: erunt pondera specifica aeris & argenti vivi ut 1 ad 11890. Proinde cum altitudo argenti vivi sit 30 digitorum, altitudo aeris uniformis, cujus pondus aerem nostrum subjectum comprimere posset, erit 356700 digitorum, seu pedum *Anglicorum* 29725. Estque hæc altitudo illa ipsa quam in constructione superioris Problematis nominavimus A. Circuli radio 29725 pedum descripti circumferentia est pedum 186768. Et cum Pendulum digitos $39\frac{1}{5}$ longum, oscillationem ex itu & reditu compositam, tempore minutorum duorum secundorum, uti notum est, absolvat; Pendulum pedes 29725, seu digitos 356700 longum, oscillationem consimilem tempore minutorum secundorum $190\frac{1}{4}$ absolvere debebit. Eo igitur tempore sonus progrediendo conficiet pedes 186768, adeoque tempore minuti unius secundi pedes 979.

Cæterum in hoc computo nulla habetur ratio crassitudinis solidarum particularum aeris, per quam sonus utique propagatur in instanti. Cum pondus aeris sit ad pondus aquæ ut 1 ad 870, & sales sint fere duplo densiores quam aqua; si particulæ aeris ponantur esse ejusdem circiter densitatis cum particulis vel aquæ vel salium, & raritas aeris oriatur ab intervallis particularum: diameter particulæ aeris erit ad intervallum inter centra particularum, ut 1 ad 9 vel 10 circiter, & ad intervallum inter particulas ut 1 ad 8 vel 9. Proinde ad pedes 979 quos sonus tempore minuti unius secundi juxta calculum superiorem conficiet, addere licet pedes $\frac{979}{9}$ seu 109 circiter, ob crassitudinem particularum aeris: & sic sonus tempore minuti unius secundi conficiet pedes 1088 circiter.

His adde quod vapores in aere latentes, cum sint alterius elateris & alterius toni, vix aut ne vix quidem participant motum aeris veri quo soni propagantur. His autem quiescentibus, motus

tus ille celerius propagabitur per solum aerem verum, idque in subduplicata ratione minoris materiæ. Ut si Atmosphæra constet ex decem partibus aeris veri & una parte vaporum, motus sonorum celerior erit in subduplicata ratione 11 ad 10, vel in integra circiter ratione 21 ad 20, quam si propagaretur per undecim partes aeris veri: ideoque motus sonorum supra inventus, augendus erit in hac ratione. Quo pacto sonus, tempore minuti unius secundi, conficiet pedes 1142.

Hæc ita se habere debent tempore verno & autumnali, ubi aer per calorem temperatum rarescit & ejus vis elastica nonnihil intenditur. At hyberno tempore, ubi aer per frigus condensatur, & ejus vis elastica remittitur, motus sonorum tardior esse debet in subduplicata ratione densitatis; & vicissim æstivo tempore debet esse velocior.

Constat autem per experimenta quod soni tempore minuti unius secundi eundo, conficiunt pedes *Londinenses* plus minus 1142, *Parisienses* vero 1070.

Cognita sonorum velocitate innotescunt etiam intervalla pulsuum. Invenit utique *D. Sauveur* (factis a se experimentis) quod fistula aperta, cujus longitudo est pedum *Parisiensium* plus minus quinque, sonum edit ejusdem toni cum sono chordæ quæ tempore minuti unius secundi centies recurrit. Sunt igitur pulsus plus minus centum in spatio pedum *Parisiensium* 1070, quos sonus tempore minuti unius secundi percurrit; adeoque pulsus unus occupat spatium pedum *Parisiensium* quasi $10\frac{7}{10}$, id est, duplam circiter longitudinem fistulæ. Unde versimile est quod latitudines pulsuum, in omnium apertarum fistularum sonis, æquentur duplis longitudinibus fistularum.

Porro cur soni cessante motu corporis sonori statim cessant, neque diutius audiuntur ubi longissime distamus a corporibus sonoris, quam cum proxime absumus, patet ex Corollario Propositionis XLVII Libri hujus. Sed & cur soni in Tubis stenterophonicis valde augentur, ex allatis principiis manifestum est. Motus enim omnis reciprocus singulis recursibus a causa generante augeri solet. Motus autem in Tubis dilatationem sonorum impedientibus, tardius amittitur & fortius recurrit, & propterea a motu novo singulis recursibus impresso, magis augetur. Et hæc sunt præcipua Phænomena Sonorum.

SECTIO

SECTIO IX.

De motu Circulari Fluidorum.

HYPOTHESIS.

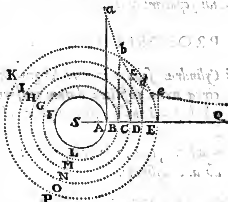
Reſiſtentiam, quæ oritur ex defectu lubricitatis partium Fluidi, cæteris paribus, proportionalem eſſe velocitati, qua partes Fluidi ſeparantur ab invicem.

PROPOSITIO LI. THEOREMA XXXIX.

Si Cylindrus ſolidus infinite longus in Fluido uniformi & infinito circa axem poſitione datum uniformi cum motu revolvatur, & ab hujus impulſu ſolo agatur Fluidum in orbem, perſeveret autem Fluidi pars unaquæque uniformiter in motu ſuo; dico quod tempora periodica partium Fluidi ſunt ut ipſarum diſtantiæ ab axe Cylindri.

Sit *AFL* Cylindrus uniformiter circa axem *S* in orbem actus, & circulis concentricis *BGM*, *CHN*, *DIO*, *EKP*, &c. diſtinguatur Fluidum in Orbes cylindricos innumeros concentricos ſolidos ejuſdem craſſitudinis. Et quoniam homogeneum eſt Fluidum, impreſſiones contiguorum Orbium in ſe mutuo factæ, erunt (per Hypotheſin) ut eorum tranſlationes ab invicem & ſuperficies contiguæ in quibus impreſſiones fiunt. Si impreſſio in Orbem aliquem major eſt vel

minor ex parte concava quam ex parte convexa; prævalebit impressio fortior, & motum Orbis vel accelerabit vel retardabit, prout in eandem regionem cum ipsius motu vel in contrariam dirigitur. Proinde ut Orbis unusquisque in motu suo uniformiter perseveret, debent impressiones ex parte utraque sibi invicem æquari, & fieri in regiones contrarias. Unde cum impressiones sunt ut contiguæ superficies & harum translationes ab invicem, erunt translationes inverse ut superficies, hoc est, inverse ut superficierum distantiæ ab axe. Sunt autem differentiæ motuum angularium circa axem ut hæ translationes applicatæ ad distantias, sive ut translationes directe & distantiæ inverse; hoc est (conjunctis rationibus) ut quadrata distantiarum inverse. Quare si ad infinitæ rectæ *SABCDEQ* partes singulas erigantur perpendicula *Aa*, *Bb*, *Cc*, *Dd*, *Ee*, &c. ipsarum *SA*, *SB*, *SC*, *SD*, *SE*, &c. quadratis reciproce proportionalia, & per terminos perpendicularium duci intelligatur linea curva Hyperbolica; erunt summæ differentiarum, hoc est, motus toti angulares, ut respondentes summæ linearum *Aa*, *Bb*, *Cc*, *Dd*, *Ee*: id est, si ad constituendum Medium uniformiter fluidum, Orbium numerus augeatur & latitudo minuatur in infinitum, ut areæ Hyperbolicæ his summis analogæ *AaQ*, *BbQ*, *CcQ*, *DdQ*, *EeQ*, &c. Et tempora motibus angularibus reciproce proportionalia, erunt etiam his areis reciproce proportionalia. Est igitur tempus periodicum particulæ cujusvis *D* reciproce ut area *DdQ*, hoc est, (per notas Curvarum quadraturas) directe ut distantia *SD*. *Q.E.D.*



Corol. 1. Hinc motus angulares particularum fluidi sunt reciproce ut ipsarum distantiæ ab axe cylindri, & velocitates absolutæ sunt æquales.

Corol. 2. Si fluidum in vase cylindrico longitudinis infinitæ contineatur, & cylindrum alium interiorem contineat, revolvatur autem cylindrus uterque circa axem communem, sintque revolutionum

tionum tempora ut ipsorum semidiametri, & perseveret fluidi pars unaquæque in motu suo: erunt partium singularum tempora periodica ut ipsarum distantiæ ab axe cylindrorum.

Corol. 3. Si cylindro & fluido ad hunc modum motis addatur vel auferatur communis quilibet motus angularis; quoniam hoc novo motu non mutatur attritus mutuus partium fluidi, non mutabuntur motus partium inter se. Nam translationes partium ab invicem pendent ab attritu. Pars quælibet in eo perseverabit motu, qui, attritu utrinque in contrarias partes facto, non magis acceleratur quam retardatur.

Corol. 4. Unde si toti cylindrorum & fluidi Systemati auferatur motus omnis angularis cylindri exterioris, habebitur motus fluidi in cylindro quiescente.

Corol. 5. Igitur si fluido & cylindro exteriore quiescentibus, revolvatur cylindrus interior uniformiter; communicabitur motus circularis fluido, & paulatim per totum fluidum propagabitur; nec prius desinet augeri quam fluidi partes singulæ motum Corollario quarto definitum acquirant.

Corol. 6. Et quoniam fluidum conatur motum suum adhuc latius propagare, hujus impetu circumagetur etiam cylindrus exterior nisi violenter detentus; & accelerabitur ejus motus quoad usque tempora periodica cylindri utriusque æquentur inter se. Quod si cylindrus exterior violenter detineatur, conabitur is motum fluidi retardare; & nisi cylindrus interior vi aliqua extrinsecus impressa motum illum conservet, efficiet ut idem paulatim cesset.

Quæ omnia in Aqua profunda stagnante experiri licet.

PROPOSITIO LII. THEOREMA XL.

Si Sphæra solida, in Fluido uniformi & infinito, circa axem positione datum uniformi cum motu revolvatur, & ab hujus impulsu solo agatur Fluidum in orbem; perseveret autem Fluidi pars unaquæque uniformiter in motu suo: dico quod tempora periodica partium Fluidi erunt ut quadrata distantiarum à centro Sphæræ.

Cas. 1. Sit AFL Sphæra uniformiter circa axem S in orbem acta, & circulis concentricis BGM, CHN, DIO, EKP, &c. distin-

distinguatur Fluidum in Orbes innumeros concentricos ejusdem crassitudinis. Finge autem Orbes illos esse solidos; & quoniam homogeneum est Fluidum, impressiones contiguorum Orbium in se mutuo factæ, erunt (per Hypothesin) ut eorum translationes ab invicem & superficies contiguæ in quibus impressiones fiunt. Si impressio in Orbem aliquem major est vel minor ex parte concava quam ex parte convexa; prævalebit impessio fortior, & velocitatem Orbis vel accelerabit vel retardabit, prout in eandem regionem cum ipsius motu vel in contrariam dirigitur. Proinde ut Orbis unusquisque in motu suo perseveret uniformiter, debebunt impressiones ex parte utraque sibi invicem æquari, & fieri in regiones contrarias. Unde cum impressiones sint ut contiguæ superficies & harum translationes ab invicem; erunt translationes inverse ut superficies, hoc est, inverse ut quadrata distantiarum superficierum à centro. Sunt autem differentiæ motuum angularium circa axem ut hæ translationes applicatæ ad distantias, sive ut translationes directe & distantiæ inverse; hoc est (conjunctis rationibus) ut cubi distantiarum inverse. Quare si ad rectæ infinitæ $SABCDEQ$ partes singulas erigantur perpendicula Aa, Bb, Cc, Dd, Ee, &c. ipsarum SA, SB, SC, SD; SE, &c. cubis reciproce proportionalia, erunt summæ differentiarum, hoc est, motus toti angulares, ut respondentes summæ linearum Aa, Bb, Cc, Dd, Ee: id est (si ad constituendum Medium uniformiter fluidum, numerus Orbium augeatur & latitudo minuatur in infinitum) ut areæ Hyperbolicæ his summis analogæ AaQ, BbQ, CcQ, DdQ, EeQ, &c. Et tempora periodica motibus angularibus reciproce proportionalia, erunt etiam his areis reciproce proportionalia. Est igitur tempus periodicum Orbis cujusvis DIO reciproce ut area DdQ, hoc est, (per notas Curvarum quadraturas) directe ut quadratum distantiæ SD. Id quod volui primo demonstrare.

Cas. 2. A centro Sphæræ ducantur infinitæ rectæ quam plurimæ, quæ cum axe datos contineant angulos, æqualibus differentiis se mutuo superantes; & his rectis circa axem revolutis concipe Orbes in annulos innumeros secari; & annulus unusquisque habebit annulos quatuor sibi contiguos, unum interiorem, alterum exteriorem & duos laterales. Attritu interioris & exterioris non potest annulus unusquisque, nisi in motu juxta legem casus primi facto, æqualiter & in partes contrarias urgeri. Patet hoc ex demonstratione casus primi. Et propterea annulorum series quælibet a Globo

a Globo in infinitum recta pergens, movebitur pro lege casus primi, nisi quatenus impeditur ab attritu annulorum ad latera. At in motu hac lege facto, attritus annulorum ad latera nullus est; neque adeo motum, quo minus hac lege fiat, impediet. Si annuli, qui a centro æqualiter distant, vel citius revolverentur vel tardius juxta polos quam juxta æquatorem; tardiores accelerarentur, & velociores retardarentur ab attritu mutuo, & sic vergerent semper tempora periodica ad æqualitatem, pro lege casus primi. Non impedit igitur hic attritus quo minus motus fiat secundum legem casus primi, & propterea lex illa obtinebit: hoc est, annulorum singulorum tempora periodica erunt ut quadrata distantiarum ipsorum à centro Globi. Quod volui secundo demonstrare.

Cas. 3. Dividatur jam annulus unusquisque sectionibus transversis in particulas innumeras constituentes substantiam absolute & uniformiter fluidam; & quoniam hæ sectiones non spectant ad legem motus circularis, sed ad constitutionem Fluidi solummodo conducunt, perseverabit motus circularis ut prius. His sectionibus annuli omnes quam minimi asperitatem & vim attritus mutui aut non mutabunt aut mutabunt æqualiter. Et manente causarum proportione manebit effectuum proportio, hoc est, proportio motuum & periodicorum temporum. *Q.E.D.* Cæterum cum motus circularis, & abinde orta vis centrifuga, major sit ad Eclipticam quam ad Polos; debebit causa aliqua adesse qua particulæ singulæ in circulis suis retineantur; ne materia quæ ad Eclipticam est, recedat semper à centro & per exteriora Vorticis migret ad Polos, indeque per axem ad Eclipticam circulatione perpetua revertatur.

Corol. 1. Hinc motus angulares partium fluidi circa axem globi, sunt reciproce ut quadrata distantiarum à centro globi, & velocitates absolutæ reciproce ut eadem quadrata applicata ad distantias ab axe.

Corol. 2. Si globus in fluido quiescente similari & infinito circa axem positione datum uniformi cum motu revolvatur, communicabitur motus fluido in morem Vorticis, & motus iste paulatim propagabitur in infinitum; neque prius cessabit in singulis fluidi partibus accelerari, quam tempora periodica singularum partium sint ut quadrata distantiarum à centro globi.

Corol. 3. Quoniam Vorticis partes interiores ob majorem suam velocitatem atterunt & urgent exteriores, motumque ipsis ea actione

one perpetuo communicant, & exteriores illi eandem motus quantitatem in alios adhuc exteriores simul transferunt, eaque actione servant quantitatem motus sui plane invariatam; patet quod motus perpetuo transfertur à centro ad circumferentiam Vorticis, & per infinitatem circumferentiæ absorbetur. Materia inter sphæricas duas quasvis superficies Vortici concentricas nunquam accelerabitur, eo quod motum omnem à materia interiore acceptum transfert semper in exteriorem.

Corol. 4. Proinde ad conservationem Vorticis constanter in eodem movendi statu, requiritur principium aliquod activum, à quo globus eandem semper quantitatem motus accipiat, quam imprimit in materiam Vorticis. Absque tali principio necesse est ut globus & Vorticis partes interiores, propagantes semper motum suum in exteriores, neque novum aliquem motum recipientes, tardescant paulatim & in orbem agi desinant.

Corol. 5. Si globus alter huic Vortici ad certam ab ipsius centro distantiam innataret, & interea circa axem inclinatione datum vi aliqua constanter revolveretur; hujus motu raperetur fluidum in Vorticem: & primo revolveretur hic Vortex novus & exiguus una cum globo circa centrum alterius, & interea latius serperet ipsius motus, & paulatim propagaretur in infinitum, ad modum Vorticis primi. Et eadem ratione qua hujus globus raperetur motu Vorticis alterius, raperetur etiam globus alterius motu hujus, sic ut globi duo circa intermedium aliquod punctum revolverentur, seque mutuo ob motum illum circularem fugerent, nisi per vim aliquam cohibiti. Postea si vires constanter impressæ, quibus globi in motibus suis perseverant, cessarent, & omnia legibus Mechanicis permitterentur, languesceret paulatim motus globorum (ob rationem in Corol. 3. & 4. assignatam) & Vortices tandem conquiescerent.

Corol. 6. Si globi plures datis in locis circum axes positione datos certis cum velocitatibus constanter revolverentur, fierent Vortices totidem in infinitum pergentes. Nam globi singuli, eadem ratione qua unus aliquis motum suum propagat in infinitum, propagabunt etiam motus suos in infinitum, adeo ut fluidi infiniti pars unaquæque eo agitetur motu qui ex omnium globorum actionibus resultat. Unde Vortices non definientur certis limitibus, sed in se mutuo paulatim excurrent; globique per actiones Vorticum in se mutuo, perpetuo movebuntur de locis suis, uti in Corollario superiore expositum est; neque certam quamvis inter se positionem

positionem servabunt, nisi per vim aliquam retenti. Cessantibus autem viribus illis quæ in globos constanter impressæ conservant hosce motus, materia ob rationem in Corollario tertio & quarto assignatam, paulatim requiescet & in Vortices agi desinet.

Corol. 7. Si fluidum similare claudatur in vase sphærico, ac globi in centro consistentis uniformi rotatione agatur in Vorticem, globus autem & vas in eandem partem circa axem eundem revolvantur, sintque eorum tempora periodica ut quadrata semidiametrorum: partes fluidi non prius perseverabunt in motibus suis sine acceleratione & retardatione, quam sint eorum tempora periodica ut quadrata distantiarum à centro Vorticis. Alia nulla Vorticis constitutio potest esse permanens.

Corol. 8. Si vas, fluidum inclusum & globus servent hunc motum, & motu præterea communi angulari circa axem quemvis datum revolvantur; quoniam hoc motu novo non mutatur attritus partium fluidi in se invicem, non mutabuntur motus partium inter se. Nam translationes partium inter se pendent ab attritu. Pars quælibet in eo perseverabit motu, quo fit ut attritu ex uno latere non magis tardetur quam acceleretur attritu ex altero.

Corol. 9. Unde si vas quiescat ac detur motus globi, dabitur motus fluidi. Nam concipe planum transire per axem globi & motu contrario revolvi; & pone summam temporis revolutionis hujus & revolutionis globi esse ad tempus revolutionis globi, ut quadratum semidiametri vasis ad quadratum semidiametri globi: & tempora periodica partium fluidi respectu plani hujus, erunt ut quadrata distantiarum suarum à centro globi.

Corol. 10. Proinde si vas vel circa axem eundem cum globo, vel circa diversum aliquem, data cum velocitate quacunque moveatur, dabitur motus fluidi. Nam si Systemati toti auferatur vasis motus angularis, manebunt motus omnes iidem inter se qui prius, per Corol. 8. Et motus isti per Corol. 9. dabuntur.

Corol. 11. Si vas & fluidum quiescant & globus uniformi cum motu revolvatur, propagabitur motus paulatim per fluidum totum in vas, & circumagetur vas nisi violenter detentum, neque prius desinent fluidum & vas accelerari, quam sint eorum tempora periodica æqualia temporibus periodicis globi. Quod si vas vi aliqua detineatur vel revolvatur motu quovis constanti & uniformi, deveniet Medium paulatim ad statum motus in Corollariis 8. 9 & 10. definiti, nec in alio unquam statu quocunque perseverabit. Deinde vero si, viribus illis cessantibus quibus vas & globus certis motibus

motibus revolvebantur, permittatur Systema totum Legibus Mechanicis; vas & globus in se invicem agent mediante fluido, neque motus suos in se mutuo per fluidum propagare prius cessabunt, quam eorum tempora periodica æquentur inter se, & Systema totum ad instar corporis unius solidi simul revolvatur.

Scholium.

In his omnibus suppono fluidum ex materia quoad densitatem & fluiditatem uniformi constare. Tale est in quo globus idem eodem cum motu, in eodem temporis intervallo, motus similes & æquales, ad æquales semper à se distantias, ubivis in fluido constitutus, propagare possit. Conatur quidem materia per motum suum circularem recedere ab axe Vorticis, & propterea premit materiam omnem ulteriorem. Ex hac pressione fit attritus partium fortior & separatio ab invicem difficilior; & per consequens diminuitur materiæ fluiditas. Rursus si partes fluidi sunt alicubi crassiores seu majores, fluiditas ibi minor erit, ob pauciores superficies in quibus partes separentur ab invicem. In hujusmodi casibus deficientem fluiditatem vel lubricitate partium vel lentore aliave aliqua conditione restitui suppono. Hoc nisi fiat, materia ubi minus fluida est magis cohærebit & segnior erit, adeoque motum tardius recipiet & longius propagabit quam pro ratione superius assignata. Si figura vasis non sit Sphærica, movebuntur particulæ in lineis non circularibus sed conformibus eidem vasis figuræ, & tempora periodica erunt ut quadrata mediocrium distantiarum à centro quamproxime. In partibus inter centrum & circumferentiam, ubi latiora sunt spatia, tardiores erunt motus, ubi angustiora velociores, neque tamen particulæ velociores petent circumferentiam. Arcus enim describent minus curvos, & conatus recedendi à centro non minus diminuetur per decrementum hujus curvaturæ, quam augebitur per incrementum velocitatis. Pergendo a spatiis angustioribus in latiora recedent paulo longius a centro, sed isto recessu tardescent; & accedendo postea de latioribus ad angustiora accelerabuntur, & sic per vices tardescent & accelerabuntur particulæ singulæ in perpetuum. Hæc ita se habebunt in vase rigido. Nam in fluido infinito constitutio Vorticum innotescit per Propositionis hujus Corollarium sextum.

Proprietates autem Vorticum hac Propositione investigare conatus sum, ut pertentarem siqua ratione Phænomena cœlestia per Vorti-

Vortices explicari possint. Nam Phænomenon est, quod Planetarum circa Jovem revolventium tempora periodica sunt in ratione sesquiplicata distantiarum a centro Jovis; & eadem Regula obtinet in Planetis qui circa Solem revolvuntur. Obtinent autem hæ Regulæ in Planetis utrisque quam accuratissime, quatenus observationes Astronomicæ hactenus prodidere. Ideoque si Planetæ illi à Vorticibus circa Jovem & Solem revolventibus deferantur, debebunt etiam hi Vortices eadem lege revolvi. Verum tempora periodica partium Vorticis prodierunt in ratione duplicata distantiarum a centro motus: neque potest ratio illa diminui & ad rationem sesquiplicatam reduci, nisi vel materia Vorticis eo fluidior sit quo longius distat a centro, vel resistentia, quæ oritur ex defectu lubricitatis partium fluidi; ex aucta velocitate qua partes fluidi separantur ab invicem, augeatur in majori ratione quam ea est in qua velocitas augetur. Quorum tamen neutrum rationi consentaneum videtur. Partes crassiores & minus fluidæ (nisi graves sint in centrum) circumferentiam petent; & verisimile est quod, etiamsi Demonstrationum gratia Hypothesin talem initio Sectionis hujus proposuerim ut Resistentia velocitati proportionalis esset, tamen Resistentia in minori sit ratione quam ea velocitatis est. Quo concesso, tempora periodica partium Vorticis erunt in majori quam duplicata ratione distantiarum ab ipsius centro. Quod si Vortices (uti aliquorum est opinio) celerius moveantur prope centrum, dein tardius usque ad certum limitem, tum denuo celerius juxta circumferentiam; certe nec ratio sesquiplicata neque alia quævis certa ac determinata obtinere potest. Viderint itaque Philosophi quo pacto Phænomenon illud rationis sesquiplicatæ per Vortices explicari possit.

PROPOSITIO LIII. THEOREMA XLI.

Corpora quæ in Vortice delata in orbem redeunt, ejusdem sunt densitatis cum Vortice, & eadem lege cum ipsius partibus (quoad velocitatem & cursus determinationem) moventur.

Nam si Vorticis pars aliqua exigua, cujus particulæ seu puncta physica datum servant situm inter se, congelari supponatur: hæc, quoniam neque quoad densitatem suam, neque quoad vim insitam aut figuram suam mutatur, movebitur eadem lege ac prius: &

De Motu Corporum contra, si Vorticis pars congelata & solida ejusdem sit densitatis cum reliquo Vortice, & resolvatur in fluidum; movebitur hæc eadem lege ac prius, nisi quatenus ipsius particulæ jam fluidæ factæ moveantur inter se. Negligatur igitur motus particularum inter se, tanquam ad totius motum progressivum nil spectans, & motus totius idem erit ac prius. Motus autem idem erit cum motu aliarum Vorticis partium a centro æqualiter distantium, propterea quod solidum in Fluidum resolutum fit pars Vorticis cæteris partibus consimilis. Ergo solidum, si sit ejusdem densitatis cum materia Vorticis, eodem motu cum ipsius partibus movebitur, in materia proxime ambiente relative quiescens. Sin densius sit, jam magis conabitur recedere à centro Vorticis quam prius; adeoque Vorticis vim illam, qua prius in Orbita sua tanquam in æquilibrio constitutum retinebatur, jam superans, recedet a centro & revolvendo describet Spiralem, non amplius in eundem Orbem rediens. Et eodem argumento si rarius sit, accedet ad centrum. Igitur non redibit in eundem Orbem nisi sit ejusdem densitatis cum fluido. Eo autem in casu ostensum est, quod revolveretur eadem lege cum partibus fluidi à centro Vorticis æqualiter distantibus. *Q. E. D.*

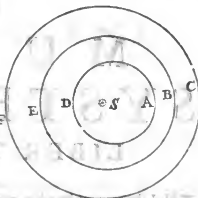
Corol. 1. Ergo solidum quod in Vortice revolvitur & in eundem Orbem semper redit, relative quiescit in fluido cui innatat.

Corol. 2. Et si Vortex sit quoad densitatem uniformis, corpus idem ad quamlibet a centro Vorticis distantiam revolvi potest.

Scholium.

Hinc liquet Planetas à Vorticibus corporeis non deferri. Nam Planetæ secundum Hypothesin *Copernicæam* circa Solem delati revolvuntur in Ellipsibus umbilicum habentibus in Sole, & radiis ad Solem ductis areas describunt temporibus proportionales. At partes Vorticis tali motu revolvi nequeunt. Designent *AD*, *BE*, *CF*, Orbes tres circa Solem *S* descriptos, quorum extimus *CF* circulus sit Soli concentricus, & interiorum duorum Aphelia sint *A*, *B* & Perihelia *D*, *E*. Ergo corpus quod revolvitur in Orbe *CF*, radio ad Solem ducto areas temporibus proportionales describendo, movebitur uniformi cum motu. Corpus autem quod revolvitur in Orbe *BE*, tardius movebitur in Aphelio *B* & velocius in Perihelio *E*, secundum leges Astronomicas; cum tamen secundum leges Mechanicas materia Vorticis in spatio angustiore inter *A* & *C* velocius

velocius moveri debeat quam in ſpatio latiore inter *D* & *F*; id eſt, in Aphelio velocius quam in Perihelio. Quæ duo repugnant inter ſe. Sic in principio Signi Virginis, ubi Aphelium Martis jam verſatur, diſtantia inter orbes Martis & Veneris eſt ad diſtantiam eorundem orbium in principio Signi Piſcium ut tria ad duo circiter, & propterea materia Vorticis inter Orbes illos in principio Piſcium debet eſſe velocior quam in principio Virginis in ratione trium ad duo. Nam quo anguſtius eſt ſpatium per quod eadem Materiæ quantitas eodem revolutionis unius tempore tranſit, eo majori cum velocitate tranſire debet. Igitur ſi Terra in hac Materia cœleſti relative quieſcens ab ea deferretur, & una circa Solem revolveretur, foret hujus velocitas in principio Piſcium ad ejuſdem velocitatem in principio Virginis in ratione ſeſquialtera. Unde Solis motus diurnus apparens in principio Virginis major eſſet quam minutorum primorum ſeptuaginta, & in principio Piſcium minor quam minutorum quadraginta & octo: cum tamen (experientia teſte) apparens iſte Solis motus major ſit in principio Piſcium quam in principio Virginis, & propterea Terra velocior in principio Virginis quam in principio Piſcium. Itaque Hypotheſis Vorticum cum Phænomenis Aſtronomicis omnino pugnat, & non tam ad explicandos quam ad perturbandos motus cœleſtes conducit. Quomodo vero motus iſti in ſpatiis liberis abſque Vorticibus peraguntur intelligi poteſt ex Libro primo, & in Mundi Syſtemate plenius docebitur.



DE
MUNDI SYSTEMATE
LIBER TERTIUS.

IN Libris præcedentibus principia Philosophiæ tradidi, non tamen Philosophica sed Mathematica tantum, ex quibus videlicet in rebus Philosophicis disputari possit. Hæc sunt motuum & virium leges & conditiones, quæ ad Philosophiam maxime spectant. Eadem tamen, ne sterilia videantur, illustravi Scholiis quibusdam Philosophicis, ea tractans quæ generalia sunt, & in quibus Philosophia maxime fundari videtur, uti corporum densitatem & resistentiam, spatia corporibus vacua, motumque Lucis & Sonorum. Superest ut ex iisdem principiis doceamus constitutionem Systematis Mundani. De hoc argumento composueram Librum tertium methodo populari, ut a pluribus legeretur. Sed quibus Principia posita satis intellecta non fuerint, ii vim consequentiarum minime percipient, neque præjudicia deponent quibus a multis retro annis insueverunt: & propterea ne res in disputationes trahatur, summam libri illius transtuli in Propositiones, more Mathematico, ut ab iis solis legantur qui Principia prius evolverint. Veruntamen quoniam Propositiones ibi quam plurimæ occurrant, quæ Lectoribus etiam Mathematice doctis moram nimiam injicere possint, author esse nolo ut quisquam eas omnes evolvat; suffecerit siquis Definitiones, Leges motuum & sectiones tres priores Libri primi sedulo legat, dein transeat ad hunc Librum de Mundi Systemate, & reliquas Librorum priorum Propositiones hic citatas pro lubitu consulat.

REGULÆ

REGULÆ PHILOSOPHANDI.

REGULA I.

Causas rerum naturalium non plures admitti debere, quam quæ & veræ sint & earum Phænomenis explicandis sufficiant.

Dicunt utique Philosophi: Natura nihil agit frustra, & frustra fit per plura quod fieri potest per pauciora. Natura enim simplex est & rerum causis superfluis non luxuriat.

REGULA II.

Ideoque Effectuum naturalium ejusdem generis eædem sunt Causæ.

Uti respirationis in Homine & in Bestia; descensus lapidum in *Europa* & in *America*; Lucis in Igne culinari & in Sole; reflexionis Lucis in Terra & in Planetis.

REGULA III.

Qualitates corporum quæ intendi & remitti nequeunt, quæque corporibus omnibus competunt in quibus experimenta instituere licet, pro qualitatibus corporum universorum habendæ sunt.

Nam qualitates corporum non nisi per experimenta innotescunt, ideoque generales statuendæ sunt quotquot cum experimentis generaliter quadrant; & quæ minui non possunt, non possunt auferri. Certe contra experimentorum tenorem somnia temere confingenda non sunt, nec a Naturæ analogia recedendum est, cum

ea

ea simplex esse soleat & sibi semper consona. Extensio corporum non nisi per sensus innotescit, nec in omnibus sentitur: sed quia sensibilibus omnibus competit, de universis affirmatur. Corpora plura dura esse experimur. Oritur autem durities totius a duritie partium, & inde non horum tantum corporum quæ sentiuntur, sed aliorum etiam omnium particulas indivisas esse duras merito concludimus. Corpora omnia impenetrabilia esse non ratione sed sensu colligimus. Quæ tractamus, impenetrabilia inveniuntur, & inde concludimus impenetrabilitatem esse proprietatem corporum universorum. Corpora omnia mobilia esse, & viribus quibusdam (quas vires inertiæ vocamus) perseverare in motu vel quiete, ex hisce corporum visorum proprietatibus colligimus. Extensio, durities, impenetrabilitas, mobilitas & vis inertiæ totius, oritur ab extensione, duritie, impenetrabilitate, mobilitate & viribus inertiæ partium: & inde concludimus omnes omnium corporum partes minimas extendi & duras esse & impenetrabiles & mobiles & viribus inertiæ præditas. Et hoc est fundamentum Philosophiæ totius. Porro corporum partes divisas & sibi mutuo contiguas ab invicem separari posse, ex Phænomenis novimus, & partes indivisas in partes minores ratione distingui posse ex Mathematica certum est. Utrum vero partes illæ distinctæ & nondum divisæ per vires Naturæ dividi & ab invicem separari possint, incertum est. At si vel unico constaret experimento quod particula aliqua indivisa, frangendo corpus durum & solidum, divisionem pateretur: concluderemus vi hujus Regulæ, quod non solum partes divisæ separabiles essent, sed etiam quod indivisæ in infinitum dividi possent.

Denique si corpora omnia in circuitu Terræ gravia esse in Terram, idque pro quantitate materiæ in singulis, & Lunam gravem esse in Terram pro quantitate materiæ suæ, & vicissim mare nostrum grave esse in Lunam, & Planetas omnes graves esse in se mutuo, & Cometarum similem esse gravitatem, per experimenta & observationes Astronomicas universaliter constet: dicendum erit per hanc Regulam quod corpora omnia in se mutuo gravitant. Nam & fortius erit argumentum ex Phænomenis de gravitate universali, quam de corporum impenetrabilitate: de qua utique in corporibus Cœlestibus nullum experimentum, nullam prorsus observationem habemus.

PHÆNO-

PHÆNOMENA.

PHÆNOMENON I.

Planetas Circumjoviales, radiis ad centrum Jovis ductis, areas describere temporibus proportionales, eorumque tempora periodica esse in ratione sesquiplicata distantiarum ab ipsius centro.

COnstat ex observationibus Astronomicis. Orbes horum Planetarum non differunt sensibiliter a circulis Jovi concentricis, & motus eorum in his circulis uniformes deprehenduntur. Tempora vero periodica esse in sesquiplicata ratione semidiametrorum Orbium consentiunt Astronomi; & idem ex Tabula sequente manifestum est.

Satellitum Jovialium tempora periodica.

$1^d.18^h.27'.34''$. $3^d.13^h.13'.42''$. $7^d.3^h.42'.36''$. $16^d.16^h.32'.9''$.

Distantiæ Satellitum a centro Jovis.

Ex observationibus	1	2	3	4	
Borelli	$5\frac{2}{3}$	$8\frac{2}{3}$	14	$24\frac{2}{3}$	Semidiam. Jovis
Townlei *per Microm.*	5,52	8,78	13,47	24,72	
Cassini *per Telescop.*	5	8	13	23	
Cassini *per Eclips. Satell.*	$5\frac{2}{3}$	9	$14\frac{23}{60}$	$25\frac{3}{10}$	
Ex temporibus periodicis.	5,667	9,017	14,384	25,299	

PHÆNOMENON II.

Planetas Circumsaturnios, radiis ad Saturnum ductis, areas describere temporibus proportionales, & eorum tempora periodica esse in ratione sesquiplicata distantiarum ab ipsius centro.

Cassinus utique ex observationibus suis distantias eorum a centro Saturni & periodica tempora hujusmodi esse statuit.

Satelli-

Satellitum Saturniorum tempora periodica.

$1^d.21^h.19'$. $2^d.17^h.41'$. $4^d.13^h.47'$. $15^d.22^h.41'$. $79^d.22^h.4'$.

Distantiæ Satellitum a centro Saturni in semidiametris Annuli.

Ex observationibus	$1\frac{19}{20}$.	$2\frac{1}{2}$.	$3\frac{1}{2}$.	8.	24.
Ex temporibus periodicis	1,95.	2,5.	3,52,	8,09.	23,71.

PHÆNOMENON III.

Planetas quinque primarios Mercurium, Venerem, Martem, Jovem & Saturnum Orbibus suis Solem cingere.

Mercurium & Venerem circa Solem revolvi ex eorum phasibus lunaribus demonstratur. Plena facie lucentes ultra Solem siti sunt, dimidiata è regione Solis, falcata cis Solem; per discum ejus ad modum macularum nonnunquam transeuntes. Ex Martis quoque plena facie prope Solis conjunctionem, & gibbosa in quadraturis, certum est quod is Solem ambit. De Jove etiam & Saturno idem ex eorum phasibus semper plenis demonstratur.

PHÆNOMENON IV.

Planetarum quinque primariorum, & (vel Solis circa Terram vel) Terræ circa Solem tempora periodica esse in ratione sesquiplicata mediocrium distantiarum à Sole.

Hæc à *Keplero* inventa ratio in confesso est apud omnes. Eadem utique sunt tempora periodica, eædemque orbium dimensiones, sive Sol circa Terram, sive Terra circa Solem revolvatur. Ac de mensura quidem temporum periodicorum convenit inter Astronomos universos. Magnitudines autem Orbium *Keplerus* & *Bullialdus* omnium diligentissime ex Observationibus determinaverunt: & distantiæ mediocres, quæ temporibus periodicis respondent, non differunt sensibiliter à distantiis quas illi invenerunt, suntque inter ipsas ut plurimum intermediæ; uti in Tabula sequente videre licet.

Plane-

Planetarum ac Telluris distantiæ mediocres à Sole.

	♄	♃	♂	♁	♀	☿
Secundum *Keplerum*	951000.	519650.	152350.	100000.	72400.	38806.
Secundum *Bullialdum*	954198.	522520.	152350.	100000.	72398.	38585.
Secundum tempora periodica	953806.	520116.	152399.	100000.	72333.	38710.

De distantiis Mercurii & Veneris a Sole disputandi non est locus, cum hæ per eorum Elongationes à Sole determinentur. De distantiis etiam superiorum Planetarum à Sole tollitur omnis disputatio per Eclipses Satellitum Jovis. Etenim per Eclipses illas determinatur positio umbræ quam Jupiter projicit, & eo nomine habetur Jovis longitudo Heliocentrica. Ex longitudinibus autem Heliocentrica & Geocentrica inter se collatis determinatur distantia Jovis.

PHÆNOMENON V.

Planetas primarios, radiis ad Terram ductis, areas describere temporibus minime proportionales; at radiis ad Solem ductis, areas temporibus proportionales percurrere.

Nam respectu Terræ nunc progrediuntur, nunc stationarii sunt, nunc etiam regrediuntur: At Solis respectu semper progrediuntur, idque propemodum uniformi cum motu, sed paulo celerius tamen in Periheliis ac tardius in Apheliis, sic ut arearum æquabilis sit descriptio. Propositio est Astronomis notissima, & in Jove apprime demonstratur per Eclipses Satellitum, quibus Eclipsibus Heliocentricas Planetæ hujus longitudines & distantias à Sole determinari diximus.

PHÆNOMENON VI.

Lunam radio ad centrum Terræ ducto, aream tempori proportionalem describere.

Patet ex Lunæ motu apparente cum ipsius diametro apparente collato. Perturbatur autem motus Lunaris aliquantulum à vi Solis, sed errorum insensibiles minutias in hisce Phænomenis negligo.

PROPOSITIONES.

PROPOSITIO I. THEOREMA I.

Vires, quibus Planetæ Circumjoviales perpetuo retrahuntur à motibus rectilineis & in Orbibus suis retinentur, respicere centrum Jovis, & esse reciproce ut quadrata distantiarum locorum ab eodem centro.

Patet pars prior Propositionis per Phænomenon primum, & Propositionem secundam vel tertiam Libri primi: & pars posterior per Phænomenon primum, & Corollarium sextum Propositionis quartæ ejusdem Libri.

Idem intellige de Planetis qui Saturnum comitantur, per Phænomenon secundum.

PROPOSITIO II. THEOREMA II.

Vires, quibus Planetæ primarii perpetuo retrahuntur à motibus rectilineis, & in Orbibus suis retinentur, respicere Solem, & esse reciproce ut quadrata distantiarum ab ipsius centro.

Patet pars prior Propositionis per Phænomenon quintum, & Propositionem secundam Libri primi: & pars posterior per Phænomenon quartum, & Propositionem quartam ejusdem Libri. Accuratissime autem demonstratur hæc pars Propositionis per quietem Apheliorum. Nam aberratio quam minima à ratione duplicata (per Corol. 1. Prop. XLV. Lib. I.) motum Apsidum in singulis revolutionibus notabilem, in pluribus enormem efficere deberet.

PRO-

PROPOSITIO III. THEOREMA III.

Vim qua Luna retinetur in Orbe suo respicere Terram, & esse reciproce ut quadratum distantiæ locorum ab ipsius centro.

Patet assertionis pars prior per Phænomenon sextum, & Propositionem secundam vel tertiam Libri primi: & pars posterior per motum tardissimum Lunaris Apogæi. Nam motus ille, qui singulis revolutionibus est graduum tantum trium & minutorum trium in consequentia, contemni potest. Patet enim (per Corol. 1. Prop. XLV. Lib. I.) quod si distantia Lunæ a centro Terræ sit ad semidiametrum Terræ ut D ad 1; vis a qua motus talis oriatur sit reciproce ut $D^{2\frac{4}{243}}$, id est, reciproce ut ea ipsius D dignitas cujus index est $2\frac{4}{243}$, hoc est, in ratione distantiæ paulo majore quam duplicata inverse, sed quæ partibus $59\frac{3}{4}$ propius ad duplicatam quam ad triplicatam accedit. Oritur vero ab actione Solis (uti posthac dicetur) & propterea hic negligendus est. Actio Solis quatenus Lunam distrahit a Terra, est ut distantia Lunæ a Terra quamproxime; ideoque (per ea quæ dicuntur in Corol. 2. Prop. XLV. Lib. I.) est ad Lunæ vim centripetam ut 2 ad 357,45 circiter, seu 1 ad $178\frac{29}{40}$. Et neglecta Solis vi tantilla, vis reliqua qua Luna retinetur in Orbe erit reciproce ut D^2. Id quod etiam plenius constabit conferendo hanc vim cum vi gravitatis, ut fit in Propositione sequente.

Corol. Si vis centripeta mediocris qua Luna retinetur in Orbe, augeatur primo in ratione $177\frac{29}{40}$ ad $178\frac{29}{40}$, deinde etiam in ratione duplicata semidiametri Terræ ad mediocrem distantiam centri Lunæ a centro Terræ: habebitur vis centripeta Lunaris ad superficiem Terræ, posito quod vis illa descendendo ad superficiem Terræ, perpetuo augeatur in reciproca altitudinis ratione duplicata.

PROPOSITIO IV. THEOREMA IV.

Lunam gravitare in Terram, & vi gravitatis retrahi semper a motu rectilineo, & in Orbe suo retineri.

Lunæ distantia mediocris a Terra in Syzygiis est semidiametrorum terrestrium, secundum plerosque Astronomorum 59, secundum *Vendelinum* 60, secundum *Copernicum* $60\frac{1}{3}$, & secundum *Tychonem*

De Mundi Systemate *chonem* $56\frac{1}{3}$. Ast *Tycho*, & quotquot ejus Tabulas refractionum sequuntur, constituendo refractiones Solis & Lunæ (omnino contra naturam Lucis) majores quam Fixarum, idque scrupulis quasi quatuor vel quinque, auxerunt parallaxin Lunæ scrupulis totidem, hoc est, quasi duodecima vel decima quinta parte totius parallaxeos. Corrigatur iste error, & distantia evadet quasi $60\frac{1}{2}$ semidiametrorum terrestrium, fere ut ab aliis assignatum est. Assumamus distantiam mediocrem sexaginta semidiametrorum; & Lunarem periodum respectu Fixarum compleri diebus 27, horis 7, minutis primis 43, ut ab Astronomis statuitur; atque ambitum Terræ esse pedum Parisiensium 123249600, uti a *Gallis* mensurantibus definitum est: Et si Luna motu omni privari fingatur ac dimitti ut, urgente vi illa omni qua in Orbe suo retinetur, descendat in Terram; hæc spatio minuti unius primi cadendo describet pedes Parisienses $15\frac{1}{12}$. Colligitur hoc ex calculo vel per Propositionem XXXVI. Libri primi, vel (quod eodem recidit) per Corollarium nonum Propositionis quartæ ejusdem Libri, confecto. Nam arcus illius quem Luna tempore minuti unius primi, medio suo motu, ad distantiam sexaginta semidiametrorum terrestrium describat, sinus versus est pedum Parisiensium $15\frac{1}{12}$ circiter. Unde cum vis illa accedendo ad Terram augeatur in duplicata distantiæ ratione inversa, adeoque ad superficiem Terræ major sit partibus 60×60 quam ad Lunam; corpus vi illa in regionibus nostris cadendo, describere deberet spatio minuti unius primi pedes Parisienses $60 \times 60 \times 15\frac{1}{12}$, & spatio minuti unius secundi pedes $15\frac{1}{12}$. Atqui corpora in regionibus nostris vi gravitatis cadendo, describunt tempore minuti unius secundi pedes Parisienses $15\frac{1}{12}$, uti *Hugenius* factis pendulorum experimentis & computo inde inito, demonstravit: & propterea (per Reg. I. & II.) vis qua Luna in Orbe suo retinetur, illa ipsa est quam nos Gravitatem dicere solemus. Nam si Gravitas ab ea diversa est, corpora viribus utrisque conjunctis Terram petendo, duplo velocius descendent, & spatio minuti unius secundi cadendo describent pedes Parisienses $30\frac{1}{6}$: omnino contra Experientiam.

Calculus hic fundatur in hypothesi quod Terra quiescit. Nam si Terra & Luna circum Solem moveantur, & interea quoque circum commune gravitatis centrum revolvantur: distantia centrorum Lunæ ac Terræ ab invicem erit $60\frac{1}{2}$ semidiametrorum terrestrium; uti computationem (per Prop. LX. Lib. I.) ineunti patebit.

PRO-

PROPOSITIO V. THEOREMA V.

Planetas Circumjoviales gravitare in Jovem, Circumsaturnios in Saturnum, & Circumsolares in Solem, & vi gravitatis suæ retrahi semper à motibus rectilineis, & in Orbibus curvilineis retineri.

Nam revolutiones Planetarum Circumjovialium circa Jovem, Circumsaturniorum circa Saturnum, & Mercurii ac Veneris reliquorumque Circumsolarium circa Solem sunt Phænomena ejusdem generis cum revolutione Lunæ circa Terram; & propterea per Reg. II. à causis ejusdem generis dependent: præsertim cum demonstratum sit quod vires, à quibus revolutiones illæ dependent, respiciant centra Jovis, Saturni ac Solis, & recedendo à Jove, Saturno & Sole decrescant eadem ratione ac lege, qua vis gravitatis decrescit in recessu à Terra.

Corol. 1. Gravitas igitur datur in Planetas universos. Nam Venerem, Mercurium, cæterosque esse corpora ejusdem generis cum Jove & Saturno, nemo dubitat. Et cum attractio omnis (per motus Legem tertiam) mutua sit, Jupiter in Satellites suos omnes, Saturnus in suos, Terraque in Lunam, & Sol in Planetas omnes primarios gravitabit.

Corol. 2. Gravitatem, quæ Planetam unumquemque respicit, esse reciproce ut quadratum distantiæ locorum ab ipsius centro.

Corol. 3. Graves sunt Planetæ omnes in se mutuo per Corol. 1. & 2. Et hinc Jupiter & Saturnus prope conjunctionem se invicem attrahendo, sensibiliter perturbant motus mutuos, Sol perturbat motus Lunares, Sol & Luna perturbant Mare nostrum, ut in sequentibus explicabitur.

PROPOSITIO VI. THEOREMA VI.

Corpora omnia in Planetas singulos gravitare, & pondera eorum in eundem quemvis Planetam, paribus distantiis à centro Planetæ, proportionalia esse quantitati materiæ in singulis.

Descensus gravium omnium in Terram (dempta saltem inæquali retardatione quæ ex Aeris perexigua resistentia oritur) æqualibus tempo-

De Mundi Systemate temporibus fieri, jamdudum observarunt alii; & accuratissime quidem notare licet æqualitatem temporum in Pendulis. Rem tentavi in Auro, Argento, Plumbo, Vitro, Arena, Sale communi, Ligno, Aqua, Tritico. Comparabam pyxides duas ligneas rotundas & æquales. Unam implebam Ligno, & idem Auri pondus suspendebam (quam potui exacte) in alterius centro oscillationis. Pyxides ab æqualibus pedum undecim filis pendentes, constituebant Pendula, quoad pondus, figuram, & aeris resistentiam omnino paria: Et paribus oscillationibus, juxta positæ, ibant una & redibant diutissime. Proinde copia materiæ in Auro (per Corol. 1. & 6. Prop. XXIV. Lib. II.) erat ad copiam materiæ in Ligno, ut vis motricis actio in totum Aurum ad ejusdem actionem in totum Lignum; hoc est, ut pondus ad pondus. Et sic in cæteris. In corporibus ejusdem ponderis differentia materiæ, quæ vel minor esset quam pars millesima materiæ totius, his experimentis manifesto deprehendi potuit. Jam vero naturam gravitatis in Planetas eandem esse atque in Terram, non est dubium. Elevari enim fingantur corpora hæc Terrestria ad usque Orbem Lunæ, & una cum Luna motu omni privata demitti, ut in Terram simul cadant; & per jam ante ostensa certum est quod temporibus æqualibus describent æqualia spatia cum Luna, adeoque quod sunt ad quantitatem materiæ in Luna, ut pondera sua ad ipsius pondus. Porro quoniam Satellites Jovis temporibus revolvuntur quæ sunt in ratione sesquiplicata distantiarum à centro Jovis, erunt eorum gravitates acceleratrices in Jovem reciproce ut quadrata distantiarum à centro Jovis; & propterea in æqualibus a Jove distantiis, eorum gravitates acceleratrices evaderent æquales. Proinde temporibus æqualibus ab æqualibus altitudinibus cadendo, describerent æqualia spatia; perinde ut fit in gravibus, in hac Terra nostra. Et eodem argumento Planetæ circumsolares ab æqualibus à Sole distantiis demissi, descensu suo in Solem æqualibus temporibus æqualia spatia describerent. Vires autem, quibus corpora inæqualia æqualiter accelerantur, sunt ut corpora; hoc est, pondera ut quantitates materiæ in Planetis. Porro Jovis & ejus Satellitum pondera in Solem proportionalia esse quantitatibus materiæ eorum, patet ex motu Satellitum quam maxime regulari; per Corol. 3. Prop. LXV. Lib. I. Nam si horum aliqui magis traherentur in Solem, pro quantitate materiæ suæ, quam cæteri: motus Satellitum (per Corol. 2. Prop. LXV. Lib. I.) ex inæqualitate attractionis perturbarentur. Si (paribus à Sole distantiis) Satelles aliquis gravior esset in Solem pro quantitate

titate

titate materiæ suæ, quam Jupiter pro quantitate materiæ suæ, in ratione quacunque data, puta *d* ad *e*: distantia inter centrum Solis & centrum Orbis Satellitis, major semper foret quam distantia inter centrum Solis & centrum Jovis in ratione subduplicata quam proxime; uti calculis quibusdam initis inveni. Et si Satelles minus gravis esset in Solem in ratione illa *d* ad *e*, distantia centri Orbis Satellitis à Sole minor foret quam distantia centri Jovis à Sole in ratione illa subduplicata. Igitur si in æqualibus à Sole distantiis, gravitas acceleratrix Satellitis cujusvis in Solem major esset vel minor quam gravitas acceleratrix Jovis in Solem, parte tantum millesima gravitatis totius, foret distantia centri Orbis Satellitis à Sole major vel minor quam distantia Jovis à Sole parte $\frac{1}{2000}$ distantiæ totius, id est, parte quinta distantiæ Satellitis extimi à centro Jovis: Quæ quidem Orbis eccentricitas fore valde sensibilis. Sed Orbes Satellitum sunt Jovi concentrici, & propterea gravitates acceleratrices Jovis & Satellitum in Solem æquantur inter se. Et eodem argumento pondera Saturni & Comitum ejus in Solem, in æqualibus à Sole distantiis, sunt ut quantitates materiæ in ipsis: Et pondera Lunæ ac Terræ in Solem vel nulla sunt, vel earum massis accurate proportionalia. Aliqua autem sunt per Corol. 1. & 3. Prop. v.

Quinetiam pondera partium singularum Planetæ cujusque in alium quemcunque, sunt inter se ut materia in partibus singulis. Nam si partes aliquæ plus gravitarent, aliæ minus, quam pro quantitate materiæ: Planeta totus, pro genere partium quibus maxime abundet, gravitaret magis vel minus quam pro quantitate materiæ totius. Sed nec refert utrum partes illæ externæ sint vel internæ. Nam si verbi gratia corpora Terrestria, quæ apud nos sunt, in Orbem Lunæ elevari fingantur, & conferantur cum corpore Lunæ: Si horum pondera essent ad pondera partium externarum Lunæ ut quantitates materiæ in iisdem, ad pondera vero partium internarum in majori vel minori ratione, forent eadem ad pondus Lunæ totius in majori vel minori ratione: contra quam supra ostensum est.

Corol. 1. Hinc pondera corporum non pendent ab eorum formis & texturis. Nam si cum formis variari possent; forent majora vel minora, pro varietate formarum, in æquali materia: omnino contra Experientiam.

Corol.

De Mundi Systemate

Corol. 2. Corpora universa quæ circa Terram sunt, gravia sunt in Terram; & pondera omnium, quæ æqualiter à centro Terræ distant, sunt ut quantitates materiæ in iisdem. Hæc est qualitas omnium in quibus experimenta instituere licet, & propterea per Reg. III. de universis affirmanda est. Si Æther aut corpus aliud quodcunque vel gravitate omnino destitueretur, vel pro quantitate materiæ suæ minus gravitaret: quoniam id (ex mente *Aristotelis*, *Cartesii* & aliorum) non differt ab aliis corporibus nisi in forma materiæ, posset idem per mutationem formæ gradatim transmutari in corpus ejusdem conditionis cum iis quæ, pro quantitate materiæ, quam maxime gravitant, & vicissim corpora maxime gravia, formam illius gradatim induendo, possent gravitatem suam gradatim amittere. Ac proinde pondera penderent à formis corporum, possentque cum formis variari, contra quam probatum est in Corollario superiore.

Corol. 3. Spatia omnia non sunt æqualiter plena. Nam si spatia omnia æqualiter plena essent, gravitas specifica fluidi quo regio aeris impleretur, ob summam densitatem materiæ, nil cederet gravitati specificæ argenti vivi, vel auri, vel corporis alterius cujuscunque densissimi; & propterea nec aurum neque aliud quodcunque corpus in aere descendere posset. Nam corpora in fluidis, nisi specifice graviora sint, minime descendunt. Quod si quantitas materiæ in spatio dato per rarefactionem quamcunque diminui possit, quidni diminui possit in infinitum?

Corol. 4. Si omnes omnium corporum particulæ solidæ sint ejusdem densitatis, neque absque poris rarefieri possint, Vacuum datur. Ejusdem densitatis esse dico, quarum vires inertiæ sunt ut magnitudines.

Corol. 5. Vis gravitatis diversi est generis à vi magnetica. Nam attractio magnetica non est ut materia attracta. Corpora aliqua magis trahuntur, alia minus, plurima non trahuntur. Et vis magnetica in uno & eodem corpore intendi potest & remitti, estque nonnunquam longe major pro quantitate materiæ quam vis gravitatis, & in recessu à Magnete decrescit in ratione distantiæ non duplicata, sed fere triplicata, quantum ex crassis quibusdam observationibus animadvertere potui.

PRO-

PROPOSITIO VII. THEOREMA VII.

Gravitatem in corpora universa fieri, eamque proportionalem esse quantitati materiæ in singulis.

Planetas omnes in se mutuo graves esse jam ante probavimus, ut & gravitatem in unumquemque seorsim spectatum esse reciproce ut quadratum distantiæ locorum à centro Planetæ. Et inde consequens est, (per Prop. LXIX. Lib. I. & ejus Corollaria) gravitatem in omnes proportionalem esse materiæ in iisdem.

Porro cum Planetæ cujusvis *A* partes omnes graves sint in Planetam quemvis *B*, & gravitas partis cujusque sit ad gravitatem totius, ut materia partis ad materiam totius, & actioni omni reactio (per motus Legem tertiam) æqualis sit; Planeta *B* in partes omnes Planetæ *A* vicissim gravitabit, & erit gravitas sua in partem unamquamque ad gravitatem suam in totum, ut materia partis ad materiam totius. *Q.E.D.*

Corol. 1. Oritur igitur & componitur gravitas in Planetam totum ex gravitate in partes singulas. Cujus rei exempla habemus in attractionibus Magneticis & Electricis. Oritur enim attractio omnis in totum ex attractionibus in partes singulas. Res intelligetur in gravitate, concipiendo Planetas plures minores in unum Globum coire & Planetam majorem componere. Nam vis totius ex viribus partium componentium oriri debebit. Siquis objiciat quod corpora omnia, quæ apud nos sunt, hac lege gravitare deberent in se mutuo, cum tamen ejusmodi gravitas neutiquam sentiatur: Respondeo quod gravitas in hæc corpora, cum sit ad gravitatem in Terram totam ut sunt hæc corpora ad Terram totam, longe minor est quam quæ sentiri possit.

Corol. 2. Gravitatio in singulas corporis particulas æquales est reciproce ut quadratum distantiæ locorum à particulis. Patet per Corol. 3. Prop. LXXIV. Lib. I.

PROPOSITIO VIII. THEOREMA VIII.

Si Globorum duorum in se mutuo gravitantium materia undique, in regionibus quæ à centris æqualiter distant, homogenea sit: erit pondus Globi alterutrius in alterum reciproce ut quadratum distantiæ inter centra.

Postquam invenissem gravitatem in Planetam totum oriri & componi ex gravitatibus in partes; & esse in partes singulas reciproce proportionalem quadratis distantiarum a partibus: dubitabam an reciproca illa proportio duplicata obtineret accurate in vi tota ex viribus pluribus composita, an vero quam proxime. Nam fieri posset ut proportio, quæ in majoribus distantiis satis accurate obtineret, prope superficiem Planetæ ob inæquales particularum distantias & situs dissimiles, notabiliter erraret. Tandem vero, per Prop. LXXV. & LXXVI. Libri primi & ipsarum Corollaria, intellexi veritatem Propositionis de qua hic agitur.

Corol. 1. Hinc inveniri & inter se comparari possunt pondera corporum in diversos Planetas. Nam pondera corporum æqualium circum Planetas in circulis revolventium sunt (per Corol. 2. Prop. IV. Lib. I.) ut diametri circulorum directe & quadrata temporum periodicorum inverse; & pondera ad superficies Planetarum, aliasve quasvis a centro distantias, majora sunt vel minora (per hanc Propositionem) in duplicata ratione distantiarum inversa. Sic ex temporibus periodicis Veneris circum Solem dierum 224 & horarum $16\frac{3}{4}$, Satellitis extimi circumjovialis circum Jovem dierum 16 & horarum $16\frac{8}{15}$, Satellitis Hugeniani circum Saturnum dierum 15 & horarum $22\frac{2}{3}$, & Lunæ circum Terram dierum 27, hor. 7. min. 43, collatis cum distantia mediocri Veneris a Sole & cum elongationibus maximis heliocentricis Satellitis extimi circumjovialis a centro Jovis 8'. $21\frac{1}{2}$'', Satellitis Hugeniani a centro Saturni 3'. 20'', & Lunæ a Terra 10', computum ineundo inveni quod corporum æqualium & a Sole, Jove, Saturno ac Terra æqualiter distantium pondera in Solem, Jovem, Saturnum ac Terram forent ad invicem ut 1, $\frac{1}{1033}$, $\frac{1}{2411}$, & $\frac{1}{227512}$ respective. Est enim parallaxis Solis ex observationibus novissimis quasi 10'', & *Halleius* noster per emersiones Jovis & Satellitum e parte obscura Lunæ,

Lunæ, determinavit quod elongatio maxima heliocentrica Satellitis extimi Jovialis a centro Jovis in mediocri Jovis a Sole distantia sit 8'. 21½", & diameter Jovis 41". Ex duratione Eclipseon Satellitum in umbram Jovis incidentium prodit hæc diameter quasi 40", atque adeo semidiameter 20". Mensuravit autem *Hugenius* elongationem maximam heliocentricam Satellitis a se detecti 3'. 20" a centro Saturni, & hujus elongationis pars quarta, nempe 50", est diameter annuli Saturni e Sole visi, & diameter Saturni est ad diametrum annuli ut 4 ad 9, ideoque semidiameter Saturni e Sole visi est 11". Subducatur lux erratica quæ haud minor esse solet quam 2" vel 3": Et manebit semidiameter Saturni quasi 9". Ex hisce autem & Solis semidiametro mediocri 16'. 6" computum ineundo prodeunt veræ Solis, Jovis, Saturni ac Terræ semidiametri ad invicem ut 10000, 1077, 889 & 104. Unde, cum pondera æqualium corporum a centris Solis, Jovis, Saturni ac Terræ æqualiter distantium, sint in Solem, Jovem, Saturnum ac Terram, ut 1, $\frac{1}{1033}$, $\frac{1}{2411}$, & $\frac{1}{227512}$ respective, & auctis vel diminutis distantiis pondera diminuantur vel augeantur in duplicata ratione: pondera æqualium corporum in Solem, Jovem, Saturnum ac Terram in distantiis 10000, 1077, 889, & 104 ab eorum centris, atque adeo in eorum superficiebus, erunt ut 10000, 835, 525, & 410 respective. Quanta sint pondera corporum in superficie Lunæ dicemus in sequentibus.

Corol. 2. Innotescit etiam quantitas materiæ in Planetis singulis. Nam quantitates materiæ in Planetis sunt ut eorum vires in æqualibus distantiis ab eorum centris, id est, in Sole, Jove, Saturno ac Terra sunt ut 1, $\frac{1}{1033}$, $\frac{1}{2411}$, & $\frac{1}{227512}$ respective. Si parallaxis Solis statuatur major vel minor quam 10", debebit quantitas materiæ in Terra augeri vel diminui in triplicata ratione.

Corol. 3. Innotescunt etiam densitates Planetarum. Nam pondera corporum æqualium & homogeneorum in Sphæras homogeneas sunt in superficiebus Sphærarum ut Sphærarum diametri, per Prop. LXXII. Lib. I. ideoque Sphærarum heterogenearum densitates sunt ut pondera illa applicata ad Sphærarum diametros. Erant autem veræ Solis, Jovis, Saturni ac Terræ diametri ad invicem ut 10000, 1077, 889, & 104, & pondera in eosdem ut 10000, 835, 525, & 410, & propterea densitates sunt ut 100, 78, 59, & 396. Densitas Terræ quæ prodit ex hoc computo non pendet a parallaxi Solis, sed determinatur per parallaxin Lunæ, & propterea

terea hic recte definitur. Est igitur Sol paulo densior quam Jupiter, & Jupiter quam Saturnus, & Terra quadruplo densior quam Sol. Nam per ingentem suum calorem Sol rarescit. Luna vero densior est quam Terra, ut in sequentibus patebit.

Corol. 4. Densiores igitur sunt Planetæ qui sunt minores, cæteris paribus. Sic enim vis gravitatis in eorum superficiebus ad æqualitatem magis accedit. Sed & densiores sunt Planetæ, cæteris paribus, qui sunt Soli propiores; ut Jupiter Saturno, & Terra Jove. In diversis utique distantiis a Sole collocandi erant Planetæ ut quilibet pro gradu densitatis calore Solis majore vel minore frueretur. Aqua nostra, si Terra locaretur in orbe Saturni, rigesceret, si in orbe Mercurii in vapores statim abiret. Nam lux Solis, cui calor proportionalis est, septuplo densior est in orbe Mercurii quam apud nos: & Thermometro expertus sum quod septuplo Solis æstivi calore aqua ebullit. Dubium vero non est quin materia Mercurii ad calorem accommodetur, & propterea densior sit hac nostra; cum materia omnis densior ad operationes Naturales obeundas majorem calorem requirat.

PROPOSITIO IX. THEOREMA IX.

Gravitatem pergendo a superficiebus Planetarum deorsum decrescere in ratione distantiarum a centro quam proxime.

Si materia Planetæ quoad densitatem uniformis esset, obtineret hæc Propositio accurate: per Prop. LXXIII. Lib. I. Error igitur tantus est, quantus ab inæquabili densitate oriri possit.

PROPOSITIO X. THEOREMA X.

Motus Planetarum in Cælis diutissime conservari posse.

In Scholio Propositionis XL. Lib. II. ostensum est quod globus Aquæ congelatæ in Aere nostro, libere movendo & longitudinem semidiametri suæ describendo, ex resistentia Aeris amitteret motus sui partem $\frac{1}{4586}$. Obtinet autem eadem proportio quam proxime in globis utcunque magnis & velocibus. Jam vero Globum Terræ nostræ densiorem esse quam si totus ex Aqua constaret, sic colligo. Si Globus hicce totus esset aqueus, quæcunque rariora essent quam aqua, ob minorem specificam gravitatem emergerent & supernatarent.

rent. Eaque de causa Globus terreus aquis undique coopertus, si rarior esset quam aqua, emergeret alicubi, & aqua omnis inde defluens congregaretur in regione opposita. Et par est ratio Terræ nostræ maribus magna ex parte circumdatæ. Hæc si densior non esset, emergeret ex maribus, & parte sui pro gradu levitatis extaret ex Aqua, maribus omnibus in regionem oppositam confluentibus. Eodem argumento maculæ Solares leviores sunt quam materia lucida Solaris cui supernatant. Et in formatione qualicunque Planetarum, materia omnis gravior, quo tempore massa tota fluida erat, centrum petebat. Unde cum Terra communis suprema quasi duplo gravior sit quam aqua, & paulo inferius in fodinis quasi triplo vel quadruplo aut etiam quintuplo gravior reperiatur: verisimile est quod copia materiæ totius in Terra quasi quintuplo vel sextuplo major sit quam si tota ex aqua constaret; præsertim cum Terram quasi quintuplo densiorem esse quam Jovem jam ante ostensum sit. Igitur si Jupiter paulo densior sit quam aqua, hic spatio dierum triginta, quibus longitudinem 459 semidiametrorum suarum describit, amitteret in Medio ejusdem densitatis cum Aere nostro motus sui partem fere decimam. Verum cum resistentia Mediorum minuatur in ratione ponderis ac densitatis, sic ut aqua, quæ partibus $13\frac{2}{3}$ levior est quam argentum vivum, minus resistat in eadem ratione; & aer, qui partibus 850 levior est quam aqua, minus resistat in eadem ratione: si ascendatur in cœlos ubi pondus Medii, in quo Planetæ moventur, diminuitur in immensum, resistentia prope cessabit.

HYPOTHESIS I.

Centrum Systematis Mundani quiescere.

Hoc ab omnibus concessum est, dum aliqui Terram alii Solem in centro Systematis quiescere contendant. Videamus quid inde sequatur.

PROPOSITIO XI. THEOREMA XI.

Commune centrum gravitatis Terræ, Solis & Planetarum omnium quiescere.

Nam centrum illud (per Legum Corol. 4.) vel quiescet vel progredietur uniformiter in directum. Sed centro illo semper pro-

 progrediente, centrum Mundi quoque movebitur contra Hypothesin.

PROPOSITIO XII. THEOREMA XII.

Solem motu perpetuo agitari, sed nunquam longe recedere a communi gravitatis centro Planetarum omnium.

Nam cum (per Corol. 2. Prop. VIII.) materia in Sole sit ad materiam in Jove ut 1033 ad 1, & distantia Jovis a Sole sit ad semidiametrum Solis in ratione paulo majore; incidet commune centrum gravitatis Jovis & Solis in punctum paulo supra superficiem Solis. Eodem argumento cum materia in Sole sit ad materiam in Saturno ut 2411 ad 1, & distantia Saturni a Sole sit ad semidiametrum Solis in ratione paulo minore: incidet commune centrum gravitatis Saturni & Solis in punctum paulo infra superficiem Solis. Et ejusdem calculi vestigiis insistendo si Terra & Planetæ omnes ex una Solis parte consisterent, commune omnium centrum gravitatis vix integra Solis diametro a centro Solis distaret. Aliis in casibus distantia centrorum semper minor est. Et propterea cum centrum illud gravitatis perpetuo quiescit, Sol pro vario Planetarum situ in omnes partes movebitur, sed à centro illo nunquam longe recedet.

Corol. Hinc commune gravitatis centrum Terræ, Solis & Planetarum omnium pro centro Mundi habendum est. Nam cum Terra, Sol & Planetæ omnes gravitent in se mutuo, & propterea, pro vi gravitatis suæ, secundum leges motus perpetuo agitentur: perspicuum est quod horum centra mobilia pro Mundi centro quiescente haberi nequeunt. Si corpus illud in centro locandum esset in quod corpora omnia maxime gravitant (uti vulgi est opinio) privilegium istud concedendum esset Soli. Cum autem Sol moveatur, eligendum erit punctum quiescens, a quo centrum Solis quam minime discedit, & a quo idem adhuc minus discederet, si modo Sol densior esset & major, ut minus moveretur.

PRO-

PROPOSITIO XIII. THEOREMA XIII.

Planetæ moventur in Ellipsibus umbilicum habentibus in centro Solis, & radiis ad centrum illud ductis areas describunt temporibus proportionales.

Disputavimus supra de his motibus ex Phænomenis. Jam cognitis motuum principiis, ex his colligimus motus cœlestes a priori. Quoniam pondera Planetarum in Solem sunt reciproce ut quadrata distantiarum a centro Solis; si Sol quiesceret & Planetæ reliqui non agerent in se mutuo, forent orbes eorum Elliptici, Solem in umbilico communi habentes, & areæ describerentur temporibus proportionales (per Prop. I. & XI, & Corol. I. Prop. XIII Lib. I.) Actiones autem Planetarum in se mutuo perexiguæ sunt (ut possint contemni) & motus Planetarum in Ellipsibus circa Solem mobilem minus perturbant (per Prop. LXVI. Lib. I.) quam si motus isti circa Solem quiescentem peragerentur.

Actio quidem Jovis in Saturnum non est omnino contemnenda. Nam gravitas in Jovem est ad gravitatem in Solem (paribus distantiis) ut 1 ad 1033; adeoque in conjunctione Jovis & Saturni, quoniam distantia Saturni a Jove est ad distantiam Saturni a Sole fere ut 4 ad 9, erit gravitas Saturni in Jovem ad gravitatem Saturni in Solem ut 81 ad 16×1033 seu 1 ad 204 circiter. Et hinc oritur perturbatio orbis Saturni in singulis Planetæ hujus cum Jove conjunctionibus adeo sensibilis ut ad eandem Astronomi hæreant. Pro vario situ Planetæ in his conjunctionibus, Eccentricitas ejus nunc augetur nunc diminuitur, Aphelium nunc promovetur nunc forte retrahitur, & medius motus per vices acceleratur & retardatur. Error tamen omnis in motu ejus circum Solem a tanta vi oriundus (præterquam in motu medio) evitari fere potest constituendo umbilicum inferiorem Orbis ejus in communi centro gravitatis Jovis & Solis (per Prop. LXVII. Lib. I.) & propterea ubi maximus est, vix superat minuta duo prima. Et error maximus in motu medio vix superat minuta duo prima annuatim. In conjunctione autem Jovis & Saturni gravitates acceleratrices Solis in Saturnum, Jovis in Saturnum & Jovis in Solem sunt fere ut 16, 81 & $\frac{16 \times 81 \times 2411}{25}$ seu 124986, adeoque differentia gravitatum Solis in Saturnum & Jovis in Saturnum est ad gravitatem

Jovis

Jovis in Solem ut 65 ad 124986 seu 1 ad 1923. Huic autem differentiæ proportionalis est maxima Saturni efficacia ad perturbandum motum Jovis, & propterea perturbatio orbis Jovialis longe minor est quam ea Saturnii. Reliquorum orbium perturbationes sunt adhuc longe minores, præterquam quod Orbis Terræ sensibiliter perturbatur a Luna. Commune centrum gravitatis Terræ & Lunæ, Ellipsin circum Solem in umbilico positum percurrit, & radio ad Solem ducto areas in eadem temporibus proportionales describit, Terra vero circum hoc centrum commune motu menstruo revolvitur.

PROPOSITIO XIV. THEOREMA XIV.

Orbium Aphelia & Nodi quiescunt.

Aphelia quiescunt, per Prop. XI. Lib. I. ut & Orbium plana, per ejusdem Libri Prop. I. & quiescentibus planis quiescunt Nodi. Attamen a Planetarum revolventium & Cometarum actionibus in se invicem orientur inæqualitates aliquæ, sed quæ ob parvitatem hic contemni possunt.

Corol. 1. Quiescunt etiam Stellæ fixæ, propterea quod datas ad Aphelia Nodosque positiones servant.

Corol. 2. Ideoque cum nulla sit earum parallaxis sensibilis ex Terræ motu annuo oriunda, vires earum ob immensam corporum distantiam nullos edent sensibiles effectus in regione Systematis nostri. Quinimo Fixæ in omnes cæli partes æqualiter dispersæ contrariis attractionibus vires mutuas destruunt, per Prop. LXX. Lib. I.

Scholium.

Cum Planetæ Soli propiores (nempe Mercurius, Venus, Terra, & Mars) ob corporum parvitatem parum agant in se invicem: horum Aphelia & Nodi quiescent, nisi quatenus a viribus Jovis, Saturni, & corporum superiorum turbentur. Et inde colligi potest per theoriam gravitatis, quod horum Aphelia moventur aliquantulum in consequentia respectu fixarum, idque in proportione sesquiplicata distantiarum horum Planetarum a Sole. Ut si Aphelium Martis in annis centum conficiat $35'$ in consequentia respectu fixarum; Aphelia Terræ, Veneris, & Mercurii in annis centum conficient $18'. 36''$, $11'. 27''$, & $4'. 29''$ respective. Et hi motus, ob parvitatem, negliguntur in hac Propositione.

PRO-

PROPOSITIO XV. PROBLEMA I.

Invenire Orbium principales diametros.

Capiendæ ſunt hæ in ratione ſubſeſquiplicata temporum periodicorum, per Prop. XV. Lib. I. deinde ſigillatim augendæ in ratione ſummæ maſſarum Solis & Planetæ cujuſque revolventis ad primam duarum mediè proportionalium inter ſummam illam & Solem, per Prop. LX. Lib. I.

PROPOSITIO XVI. PROBLEMA II.

Invenire Orbium Eccentricitates & Aphelia.

Problema conſit per Prop. XVIII. Lib. I.

PROPOSITIO XVII. THEOREMA XV.

Planetarum motus diurnos uniformes eſſe, & librationem Lunæ ex ipſius motu diurno oriri.

Patet per motus Legem I, & Corol. 22. Prop. LXVI. Lib. I. Quoniam vero Lunæ, circa axem ſuum uniformiter revolventis, dies menſtruus eſt; hujus facies eadem ulteriorem umbilicum orbis ipſius ſemper reſpiciet, & propterea pro ſitu umbilici illius deviabit hinc inde a Terra. Hæc eſt libratio in longitudinem. Nam libratio in latitudinem orta eſt ex inclinatione axis Lunaris ad planum orbis. Porro hæc ita ſe habere, ex Phænomenis manifeſtum eſt.

PROPOSITIO XVIII. THEOREMA XVI.

Axes Planetarum diametris quæ ad eoſdem axes normaliter ducuntur minores eſſe.

Planetæ ſublato omni motu circulari diurno figuram Sphæricam, ob æqualem undique partium gravitatem, affectare deberent. Per motum illum circularem fit ut partes ab axe recedentes juxta æquatorem aſcendere conentur. Ideoque materia ſi fluida ſit

ascensu suo ad æquatorem diametros adaugebit, axem vero descensu suo ad polos diminuet. Sic Jovis diameter (consentientibus Astronomorum observationibus) brevior deprehenditur inter polos quam ab oriente in occidentem. Eodem argumento, nisi Terra nostra paulo altior esset sub æquatore quam ad polos, Maria ad polos subsiderent, & juxta æquatorem ascendendo, ibi omnia inundarent.

PROPOSITIO XIX. PROBLEMA III.

Invenire proportionem axis Planetæ ad diametros eidem perpendiculares.

Picartus mensurando arcum gradus unius & 22′. 55″ inter *Ambianum* & *Malvoisinam*, invenit arcum gradus unius esse hexapedarum Parisiensium 57060. Unde ambitus Terræ est pedum Parisiensium 123249600, ut supra. Sed cum error quadringentesimæ partis digiti, tam in fabrica instrumentorum quam in applicatione eorum ad observationes capiendas, sit insensibilis, & in Sectore decempedali quo *Galli* observarunt Latitudines locorum respondeat minutis quatuor secundis, & in singulis observationibus incidere possit tam ad centrum Sectoris quam ad ejus circumferentiam, & errores in minoribus arcubus sint majoris momenti: * ideo *Cassinus* jussu Regio mensuram Terræ per majora locorum intervalla aggressus est, & subinde per distantiam inter Observatorium Regium *Parisiense* & villam *Colioure* in *Roussillon* & Latitudinum differentiam 6^gr. 18′, supponendo quod figura Terræ sit Sphærica, invenit gradum unum esse hexapedarum 57292, prope ut *Norwoodus* noster antea invenerat. Hic enim circa annum 1635, mensurando distantiam pedum Londinensium 905751 inter *Londinum* & *Eboracum*, & observando differentiam Latitudinum 2^gr. 28′, collegit mensuram gradus unius esse pedum Londinensium 367196, id est, hexapedarum Parisiensium 57300. Ob magnitudinem intervalli a *Cassino* mensurati, pro mensura gradus unius in medio intervalli illius, id est, inter Latitudines 45^gr. & 46^gr. usurpabo hexapedas 57292. Unde, si Terra sit Sphærica, semidiameter ejus erit pedum Parisiensium 19695539.

* Vide Historiam Academiæ Regiæ scientiarum anno 1700.

Penduli

Penduli in Latitudine *Lutetiæ Pariſiorum* ad minuta ſecunda oſcillantis longitudo eſt pedum trium Pariſienſium & linearum $8\frac{1}{3}$. Et longitudo quod grave tempore minuti unius ſecundi cadendo deſcribit, eſt ad dimidiam longitudinem penduli hujus, in duplicata ratione circumferentiæ circuli ad diametrum ejus (ut indicavit *Hugenius*) ideoque eſt pedum Pariſienſium 15, dig. 1, lin. $2\frac{1}{18}$, ſeu linearum $2174\frac{1}{18}$.

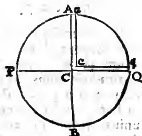
Corpus in circulo, ad diſtantiam pedum 19695539 a centro, ſingulis diebus ſidereis horarum 23. 56'. 4'' uniformiter revolvens, tempore minuti unius ſecundi deſcribit arcum pedum 1436,223; cujus ſinus verſus eſt pedum 0,05236558, ſeu linearum 7,54064. Ideoque vis qua gravia deſcendunt in Latitudine *Lutetiæ*, eſt ad vim centripetam corporum in Æquatore, a Terræ motu diurno oriundam, ut $2174\frac{1}{18}$ ad 7,54064.

Vis centrifuga corporum in Æquatore, eſt ad vim centrifugam qua corpora directe tendunt a Terra in Latitudine *Lutetiæ* graduum 48. 50', in duplicata ratione Radii ad ſinum complementi Latitudinis illius, id eſt, ut 7,54064 ad 3,267. Addatur hæc vis ad vim qua gravia deſcendunt in Latitudine *Lutetiæ*, & corpus in Latitudine *Lutetiæ* vi tota gravitatis cadendo, tempore minuti unius ſecundi deſcriberet lineas 2177,32, ſeu pedes Pariſienſes 15, dig. 1, & lin. 5,32. Et vis tota gravitatis in Latitudine illa, erit ad vim centripetam corporum in Æquatore Terræ, ut 2177,32 ad 7,54064, ſeu 289 ad 1.

Unde ſi *APBQ* figuram Terræ deſignet jam non amplius Sphæricam ſed revolutione Ellipſeos circum axem minorem *PQ* genitam, ſitque *ACQqca* canalis aquæ plena, a polo *Qq* ad centrum *Cc*, & inde ad Æquatorem *Aa* pergens: debebit pondus aquæ in canalis crure *ACca*, eſſe ad pondus aquæ in crure altero *QCcq* ut 289 ad 288, eo quod vis centrifuga ex circulari motu orta partem unam e ponderis partibus 289 ſuſtinebit ac detrahet, & pondus 288 in altero crure ſuſtinebit reliquas. Porro (ex Propoſitionis XCI. Corollario ſecundo, Lib. I.) computationem ineundo, invenio quod ſi Terra conſtaret ex uniformi materia, motuque omni privaretur, & eſſet ejus axis *PQ*



ad diametrum *AB* ut 100 ad 101: gravitas in loco *Q* in Terram, foret ad gravitatem in eodem loco *Q* in Sphæram centro *C* radio *PC* vel *QC* descriptam, ut 126 ad 125. Et eodem argumento gravitas in loco *A* in Sphæroidem, convolutione Ellipseos *APBQ* circa axem *AB* descriptam, est ad gravitatem in eodem loco *A* in Sphæram centro *C* radio *AC* descriptam, ut 125 ad 126. Est autem gravitas in loco *A* in Terram, media proportionalis inter gravitates in dictam Sphæroidem & Sphæram: propterea quod Sphæra, diminuendo diametrum *PQ* in ratione 101 ad 100, vertitur in figuram Terræ; & hæc figura diminuendo in eadem ratione diametrum tertiam, quæ diametris duabus *AB*, *PQ* perpendicularis est, vertitur in dictam Sphæroidem; & gravitas in *A*, in casu utroque, diminuitur in eadem ratione quam proxime. Est igitur gravitas in *A* in Sphæram centro *C* radio *AC* descriptam, ad gravitatem in *A* in Terram ut 126 ad $125\frac{1}{2}$, & gravitas in loco *Q* in Sphæram centro *C* radio *QC* descriptam, est ad gravitatem in loco *A* in Sphæram centro *C* radio *AC* descriptam, in ratione diametrorum (per Prop. LXXII. Lib. I.) id est, ut 100 ad 101. Conjungantur jam hæ tres rationes, 126 ad 125, 126 ad $125\frac{1}{2}$, & 100 ad 101: & fiet gravitas in loco *Q* in Terram, ad gravitatem in loco *A* in Terram, ut $126 \times 126 \times 100$ ad $125 \times 125\frac{1}{2} \times 101$, seu ut 501 ad 500.



Jam cum (per Corol. 3. Prop. XCI. Lib. I.) gravitas in canalis crure utrovis *ACca* vel *QCcq* sit ut distantia locorum a centro Terræ; si crura illa superficiebus transversis & æquidistantibus distinguantur in partes totis proportionales, erunt pondera partium singularum in crure *ACca* ad pondera partium totidem in crure altero, ut magnitudines & gravitates acceleratrices conjunctim; id est, ut 101 ad 100 & 500 ad 501, hoc est, ut 505 ad 501. Ac proinde si vis centrifuga partis cujusque in crure *ACca* ex motu diurno oriunda, fuisset ad pondus partis ejusdem ut 4 ad 505, eo ut de pondere partis cujusque, in partes 505 diviso, partes quatuor detraheret; manerent pondera in utroque crure æqualia, & propterea fluidum consisteret in æquilibrio. Verum vis centrifuga partis cujusque est ad pondus ejusdem ut 1 ad 289, hoc est, vis centrifuga quæ deberet esse ponderis pars $\frac{4}{505}$, est tantum pars $\frac{1}{289}$.

Et

Et propterea dico, ſecundum Regulam auream, quod ſi vis centrifuga $\frac{4}{505}$ faciat ut altitudo aquæ in crure *ACca* ſuperet altitudinem aquæ in crure *QCcq* parte centeſima totius altitudinis: vis centrifuga $\frac{1}{289}$ faciet ut exceſſus altitudinis in crure *ACca* ſit altitudinis in crure altero *QCcq* pars tantum $\frac{1}{229}$. Eſt igitur diameter Terræ ſecundum æquatorem ad ipſius diametrum per polos ut 230 ad 229. Ideoque cum Terræ ſemidiameter mediocris, juxta menſuram *Caſſini*, ſit pedum Pariſienſium 19695539, ſeu milliarium 3939 (poſito quod milliare ſit menſura pedum 5000) Terra altior erit ad Æquatorem quam ad Polos exceſſu pedum 85820, ſeu milliarum $17\frac{1}{6}$.

Si Planeta major ſit vel minor quam Terra manente ejus denſitate ac tempore periodico revolutionis diurnæ, manebit proportio vis centrifugæ ad gravitatem, & propterea manebit etiam proportio diametri inter polos ad diametrum ſecundum æquatorem. At ſi motus diurnus in ratione quacunque acceleretur vel retardetur, augebitur vel minuetur vis centrifuga in duplicata illa ratione, & propterea differentia diametrorum augebitur vel minuetur in eadem duplicata ratione quamproxime. Et ſi denſitas Planetæ augeatur vel minuatur in ratione quavis, gravitas etiam in ipſum tendens augebitur vel minuetur in eadem ratione, & differentia diametrorum viciſſim minuetur in ratione gravitatis auctæ vel augebitur in ratione gravitatis diminutæ. Unde cum Terra reſpectu fixarum revolvatur horis 23. 56′, Jupiter autem horis 9. 56′, ſintque temporum quadrata ut 29 ad 5, & denſitates ut 5 ad 1: differentia diametrorum Jovis erit ad ipſius diametrum minorem ut $\frac{29}{5} \times \frac{5}{1} \times \frac{1}{229}$ ad 1, ſeu 1 ad 8 quamproxime. Eſt igitur diameter Jovis ab oriente in occidentem ducta, ad ejus diametrum inter polos ut 9 ad 8 quamproxime, & propterea diameter inter polos eſt $35\frac{1}{2}''$. Hæc ita ſe habent ex hypotheſi quod uniformis ſit Planetarum materia. Nam ſi materia denſior ſit ad centrum quam ad circumferentiam; diameter quæ ab oriente in occidentem ducitur, erit adhuc major.

Jovis vero diametrum quæ polis ejus interjacet minorem eſſe diametro altera *Caſſinus* dudum obſervavit, & Terræ diametrum inter polos minorem eſſe diametro altera patebit per ea quæ dicentur in Propoſitione ſequente.

PRO-

PROPOSITIO XX. PROBLEMA IV.

Invenire & inter se comparare Pondera corporum in Terræ hujus regionibus diversis.

Quoniam pondera inæqualium crurum canalis aqueæ *ACQqca* æqualia sunt; & pondera partium, cruribus totis proportionalium & similiter in totis sitarum, sunt ad invicem ut pondera totorum, adeoque etiam æquantur inter se; erunt pondera æqualium & in cruribus similiter sitarum partium reciproce ut crura, id est, reciproce ut 230 ad 229. Et par est ratio homogeneorum & æqualium quorumvis & in canalis cruribus similiter sitorum corporum. Horum pondera sunt reciproce ut crura, id est, reciproce ut distantiæ corporum a centro Terræ. Proinde si corpora in supremis canalium partibus, sive in superficie Terræ consistant; erunt pondera eorum ad invicem reciproce ut distantiæ eorum a centro. Et eodem argumento pondera, in aliis quibuscunque per totam Terræ superficiem regionibus, sunt reciproce ut distantiæ locorum a centro; & propterea, ex Hypothesi quod Terra Sphærois sit, dantur proportione.

Unde tale confit Theorema, quod incrementum ponderis pergendo ab Æquatore ad Polos, sit quam proxime ut sinus versus Latitudinis duplicatæ, vel, quod perinde est, ut quadratum sinus recti Latitudinis. Et in eadem circiter ratione augentur arcus graduum Latitudinis in Meridiano. Ideoque cum Latitudo *Lutetiæ Parisiorum* sit 48^gr. 50′, ea locorum sub Æquatore 00^gr. 00′, & ea locorum ad Polos 90^gr. & duplorum sinus versi sint 11334, 00000 & 20000, existente Radio 10000, & gravitas ad Polum sit ad gravitatem sub Æquatore ut 230 ad 229, & excessus gravitatis ad Polum ad gravitatem sub Æquatore ut 1 ad 229: erit excessus gravitatis in Latitudine *Lutetiæ* ad gravitatem sub Æquatore, ut $1 \times \frac{11334}{20000}$ ad 229, seu 5667 ad 2290000. Et propterea gravitates totæ in his locis erunt ad invicem ut 2295667 ad 2290000. Quare cum longitudines pendulorum æqualibus temporibus oscillantium sint ut gravitates, & in Latitudine *Lutetiæ Parisiorum* longitudo penduli singulis minutis secundis oscillantis sit pedum trium Parisiensium & linearum $8\frac{5}{9}$: longitudo penduli sub Æquatore superabitur a longitudine synchroni penduli *Parisiensis*, excessu lineæ unius & 87 partium millesimarum lineæ. Et simili computo confit Tabula sequens.

Latitudo

Latitudo Loci	*Longitudo Penduli*		*Mensura Gradus unius in Meridiano*
Gr.	Ped.	Lin.	Hexaped.
0	3	7,468	56909
5	3	7,482	56914
10	3	7,526	56931
15	3	7,596	56959
20	3	7,692	56996
25	3	7,811	57042
30	3	7,948	57096
35	3	8,099	57155
40	3	8,261	57218
1	3	8,294	57231
2	3	8,327	57244
3	3	8,361	57257
4	3	8,394	57270
45	3	8,428	57283
6	3	8,461	57296
7	3	8,494	57309
8	3	8,528	57322
9	3	8,561	57335
50	3	8,594	57348
55	3	8,756	57411
60	3	8,907	57470
65	3	9,044	57524
70	3	9,162	57570
75	3	9,258	57607
80	3	9,329	57635
85	3	9,372	57652
90	3	9,387	57657

Constat autem per hanc Tabulam, quod graduum inæqualitas tam parva sit, ut in rebus Geographicis figura Terræ pro Sphærica haberi possit, quodque inæqualitas diametrorum Terræ facilius & certius per experimenta pendulorum deprehendi possit vel etiam per Eclipses Lunæ, quam per arcus Geographice mensuratos in Meridiano.

Hæc

Hæc ita se habent ex hypothesi quod Terra ex uniformi materia constat. Nam si materia ad centrum paulo densior sit quam ad superficiem, differentiæ pendulorum & graduum Meridiani paulo majores erunt quam pro Tabula præcedente, propterea quod si materia ad centrum redundans qua densitas ibi major redditur, subducatur & seorsim spectetur, gravitas in Terram reliquam uniformiter densam, erit reciproce ut distantia ponderis a centro; in materiam vero redundantem reciproce ut quadratum distantiæ a materia illa quamproxime. Gravitas igitur sub æquatore minor est in materiam illam redundantem quam pro computo superiore: & propterea Terra ibi, propter defectum gravitatis, paulo altius ascendet, & excessus longitudinum Pendulorum & graduum ad polos paulo majores erunt quam in præcedentibus definitum est.

Jam vero Astronomi aliqui in longinquas regiones ad observationes Astronomicas faciendas missi, invenerunt quod horologia oscillatoria tardius moverentur prope Æquatorem quam in regionibus nostris. Et primo quidem *D. Richer* hoc observavit anno 1672 in insula *Cayennæ*. Nam dum observaret transitum Fixarum per meridianum mense *Augusto*, reperit horologium suum tardius moveri quam pro medio motu Solis, existente differentia 2'. 28'' singulis diebus. Deinde faciendo ut Pendulum simplex ad minuta singula secunda per horologium optimum mensurata oscillaret, notavit longitudinem Penduli simplicis, & hoc fecit sæpius singulis septimanis per menses decem. Tum in *Galliam* redux contulit longitudinem hujus Penduli cum longitudine Penduli *Parisiensis* (quæ erat trium pedum Parisiensium, & octo linearum cum tribus quintis partibus lineæ) & reperit breviorem esse, existente differentia lineæ unius cum quadrante. At ex tarditate horologii oscillatorii in *Cayenna*, differentia Pendulorum colligitur esse lineæ unius cum semisse.

Postea *Halleius* noster circa annum 1677 ad insulam *Stæ Helenæ* navigans, reperit horologium suum oscillatorium ibi tardius moveri quam *Londini*, sed differentiam non notavit. Pendulum vero brevius reddidit plusquam octava parte digiti, seu linea una cum semisse. Et ad hoc efficiendum, cum longitudo cochleæ in ima parte penduli non sufficeret, annulum ligneum thecæ cochleæ & ponderi pendulo interposuit.

Deinde anno 1682 *D. Varin* & *D. Des Hayes* invenerunt longitudinem Penduli singulis minutis secundis oscillantis in Observatorio

vatorio

vatorio Regio *Parisiensi* esse ped. 3. lin. $8\frac{5}{9}$. Et in insula *Gorea* eadem methodo longitudinem Penduli synchroni invenerunt esse ped. 3. lin. $6\frac{5}{9}$, existente longitudinum differentia lin. 2. Et eodem anno ad insulas *Guadaloupam* & *Martinicam* navigantes, invenerunt longitudinem Penduli synchroni in his insulis esse ped. 3. lin. $6\frac{1}{2}$.

Posthac *D. Couplet* filius anno 1697 mense *Julio*, horologium suum oscillatorium ad motum Solis medium in Observatorio Regio *Parisiensi* sic aptavit, ut tempore satis longo horologium cum motu Solis congrueret. Deinde *Ulyssipponem* navigans invenit quod mense *Novembri* proximo horologium tardius iret quam prius, existente differentia $2'. 13''$ in horis 24. Et mense *Martio* sequente *Paraibam* navigans invenit ibi horologium suum tardius ire quam *Parisiis*, existente differentia $4'. 12''$ in horis 24. Et affirmat Pendulum ad minuta secunda oscillans brevius fuisse *Ulyssipponi* lineis $2\frac{1}{2}$ & *Paraibæ* lineis $3\frac{2}{3}$ quam *Parisiis*. Rectius posuisset differentias esse $1\frac{1}{3}$ & $2\frac{5}{9}$. Nam hæ differentiæ differentiis temporum $2'. 13''$, & $4'. 12''$ respondent. Crassioribus hujus Observationibus minus fidendum est.

Annis proximis (1699 & 1700) *D. Des Hayes* ad *Americam* denuo navigans, determinavit quod in insulis *Cayennæ* & *Granadæ* longitudo Penduli ad minuta secunda oscillantis, esset paulo minor quam ped. 3. lin. $6\frac{1}{2}$, quodque in insula *S. Christophori* longitudo illa esset ped. 3. lin. $6\frac{1}{4}$, & quod in insula *S. Dominici* eadem esset ped. 3. lin. 7.

Annoque 1704. *P. Feuelleus* invenit in *Porto-belo* in *America* longitudinem Penduli ad minuta secunda oscillantis, esse pedum trium Parisiensium & linearum tantum $5\frac{7}{12}$, id est, tribus fere lineis breviorem quam *Lutetiæ Parisiorum*, sed errante Observatione. Nam deinde ad insulam *Martinicam* navigans, invenit longitudinem Penduli isochroni esse pedum tantum trium Parisiensium & linearum $5\frac{10}{12}$.

Latitudo autem *Paraibæ* est $6^{gr.}\ 38'$ ad austrum, & ea *Portobeli* $9^{gr.}\ 33'$ ad boream, & Latitudines insularum *Cayennæ*, *Goreæ*, *Guadaloupæ*, *Martinicæ*, *Granadæ*, *Sti. Christophori*, & *Sti. Dominici* sunt respective $4^{gr.}\ 55'$, $14^{gr.}\ 40'$, $14^{gr.}\ 00'$, $14^{gr.}\ 44'$, $12^{gr.}\ 6'$, $17^{gr.}\ 19'$, & $19^{gr.}\ 48'$ ad boream. Et excessus longitudinis Penduli *Parisiensis* supra longitudines Pendulorum isochronorum in his latitudinibus observatas, sunt paulo majores quam pro Tabula longitudinum Penduli superius computata. Et propterea Terra aliquanto altior est sub Æquatore quam pro superiore calculo,

culo, & densior ad centrum quam in fodinis prope superficiem, nisi forte calores in Zona torrida longitudinem Pendulorum aliquantulum auxerint.

Observavit utique *D. Picartus* quod virga ferrea, quæ tempore hyberno ubi gelabant frigora erat pedis unius longitudine, ad ignem calefacta evasit pedis unius cum quarta parte lineæ. Deinde *D. de la Hire* observavit quod virga ferrea quæ tempore consimili hyberno sex erat pedum longitudinis, ubi Soli æstivo exponebatur evasit sex pedum longitudinis cum duabus tertiis partibus lineæ. In priore casu calor major fuit quam in posteriore, in hoc vero major fuit quam calor externarum partium corporis humani. Nam metalla ad Solem æstivum valde incalescunt. At virga penduli in horologio oscillatorio nunquam exponi solet calori Solis æstivi, nunquam calorem concipit calori externæ superficiei corporis humani æqualem. Et propterea virga Penduli in horologio tres pedes longa, paulo quidem longior erit tempore æstivo quam hyberno, sed excessu quartam partem lineæ unius vix superante. Proinde differentia tota longitudinis pendulorum quæ in diversis regionibus isochrona sunt, diverso calori attribui non potest. Sed neque erroribus Astronomorum è *Gallia* missorum tribuenda est hæc differentia. Nam quamvis eorum observationes non perfecte congruant inter se, tamen errores sunt adeo parvi ut contemni possint. Et in hoc concordant omnes, quod isochrona pendula sunt breviora sub Æquatore quam in Observatorio Regio *Parisiensi*, existente differentia duarum circiter linearum seu sextæ partis digiti. Per observationes *D. Richer* in *Cayenna* factas, differentia fuit lineæ unius cum semisse. Error semissis lineæ facile committitur. Et *D. des Hayes* postea per observationes suas in eadem insula factas errorem correxit, inventa differentia linearum $2\frac{1}{18}$. Sed & per observationes in insulis *Gorea*, *Guadaloupa*, *Martinica*, *Granada*, *S. Christophori*, & *S. Dominici* factas & ad Æquatorem reductas, differentia illa prodiit haud minor quam $1\frac{12}{20}$ lineæ, haud major quam $2\frac{1}{2}$ linearum. Et inter hos limites quantitas mediocris est $2\frac{2}{40}$ linearum. Propter calores locorum in Zona torrida negligamus $\frac{2}{40}$ partes lineæ, & manebit differentia duarum linearum.

Quare cum differentia illa per Tabulam præcedentem, ex hypothesi quod Terra ex materia uniformiter densa constat, sit tantum $1\frac{87}{1000}$ lineæ: excessus altitudinis Terræ ad æquatorem supra altitudinem ejus ad polos, qui erat milliarium $17\frac{1}{6}$, jam auctus in

ratione

ratione differentiarum, fiet milliarium $31\frac{1}{12}$. Nam tarditas Penduli sub Æquatore defectum gravitatis arguit; & quo levior est materia eo major esse debet altitudo ejus, ut pondere suo materiam sub Polis in æquilibrio sustineat. LIBER TERTIUS.

Hinc figura umbræ Terræ per Eclipses Lunæ determinanda, non erit omnino circularis, sed diameter ejus ab oriente in occidentem ducta major erit quam diameter ejus ab austro in boream ducta, excessu $55''$ circiter. Et parallaxis maxima Lunæ in Longitudinem paulo major erit quam ejus parallaxis maxima in Latitudinem. Ac Terræ semidiameter maxima erit pedum Parisiensium 19767630, minima pedum 19609820 & mediocris pedum 19688725 quamproxime.

Cum gradus unus mensurante *Picarto* sit hexapedarum 57060, mensurante vero *Cassino* sit hexapedarum 57292: suspicantur aliqui gradum unumquemque, pergendo per *Gallias* austrum versus majorem esse gradu præcedente hexapedis plus minus 72, seu parte octingentesima gradus unius; existente Terra Sphæroide oblonga cujus partes ad polos sunt altissimæ. Quo posito, corpora omnia ad polos Terræ leviora forent quam ad Æquatorem, & altitudo Terræ ad polos superaret altitudinem ejus ad æquatorem milliaribus fere 95, & pendula isochrona longiora forent ad Æquatorem quem in Observatorio Regio *Parisiensi* excessu semissis digiti circiter; ut conferenti proportiones hic positas cum proportionibus in Tabula præcedente positis, facile constabit. Sed & diameter umbræ Terræ quæ ab austro in boream ducitur, major foret quam diameter ejus quæ ab oriente in occidentem ducitur, excessu $2'. 46''$, seu parte duodecima diametri Lunæ. Quibus omnibus Experientia contrariatur. Certe *Cassinus*, definiendo gradum unum esse hexapedarum 57292, medium inter mensuras suas omnes, ex hypothesi de æqualitate graduum assumpsit. Et quamvis *Picartus* in *Galliæ* limite boreali invenit gradum paulo minorem esse, tamen *Norwoodus* noster in regionibus magis borealibus, mensurando majus intervallum, invenit gradum paulo majorem esse quam *Cassinus* invenerat. Et *Cassinus* ipse mensuram *Picarti*, ob parvitatem intervalli mensurati, non satis certam & exactam esse judicavit ubi mensuram gradus unius per intervallum longe majus definire aggressus est. Differentiæ vero inter mensuras *Cassini*, *Picarti*, & *Norwoodi* sunt prope insensibiles, & ab insensibilibus observationum erroribus facile oriri potuere, ut Nutationem axis Terræ prætercam.

PROPOSITIO XXI. THEOREMA XVII.

Puncta Æquinoctialia regredi, & axem Terræ singulis revolutionibus annuis nutando bis inclinari in Eclipticam & bis redire ad positionem priorem.

Patet per Corol. 20. Prop. LXVI. Lib. I. Motus tamen iste nutandi perexiguus esset debet, & vix aut ne vix quidem sensibilis.

PROPOSITIO XXII. THEOREMA XVIII.

Motus omnes Lunares, omnesque motuum inæqualitates ex allatis Principiis consequi.

Planetas majores, interea dum circa Solem feruntur, posse alios minores circum se revolventes Planetas deferre, & minores illos in Ellipsibus, umbilicos in centris majorum habentibus, revolvi debere patet per Prop. LXV. Lib. I. Actione autem Solis perturbabuntur eorum motus multimode, iisque adficientur inæqualitatibus quæ in Luna nostra notantur. Hæc utique (per Corol. 2, 3, 4, & 5. Prop. LXVI.) velocius movetur, ac radio ad Terram ducto describit aream pro tempore majorem, Orbemque habet minus curvum, atque adeo propius accedit ad Terram, in Syzygiis quam in Quadraturis, nisi quatenus impedit motus Eccentricitatis. Eccentricitas enim maxima est (per Corol. 9. Prop. LXVI.) ubi Apogæum Lunæ in Syzygiis versatur, & minima ubi idem in Quadraturis consistit; & inde Luna in Perigæo velocior est & nobis propior, in Apogæo autem tardior & remotior in Syzygiis quam in Quadraturis. Progreditur insuper Apogæum, & regrediuntur Nodi, sed motu inæquabili. Et Apogæum quidem (per Corol. 7. & 8. Prop. LXVI.) velocius progreditur in Syzygiis suis, tardius regreditur in Quadraturis, & excessu progressus supra regressum annuatim fertur in consequentia. Nodi autem (per Corol. 11. Prop. LXVI.) quiescunt in Syzygiis suis, & velocissime regrediuntur in Quadraturis. Sed & major est Lunæ latitudo maxima in ipsius Quadraturis (per Corol. 10. Prop. LXVI.) quam in Syzygiis: & motus medius tardior in Perihelio Terræ (per Corol. 6. Prop.

Prop. lxvi,) quam in ipsius Aphelio. Atque hæ sunt inæqualitates insigniores ab Astronomis notatæ.

Sunt etiam aliæ quædam nondum observatæ inæqualitates, quibus motus Lunares adeo perturbantur, ut nulla hactenus lege ad Regulam aliquam certam reduci potuerint. Velocitates enim seu motus horarii Apogæi & Nodorum Lunæ, & eorundem æquationes, ut & differentia inter Eccentricitatem maximam in Syzygiis & minimam in Quadraturis, & inæqualitas quæ Variatio dicitur, augentur ac diminuuntur annuatim (per Corol. 14. Prop. lxvi.) in triplicata ratione diametri apparentis Solaris. Et Variatio præterea augetur vel diminuitur in duplicata ratione temporis inter quadraturas quam proxime (per Corol. 1. & 2. Lem. X. & Corol. 16. Prop. lxvi. Lib. I.) Sed hæc inæqualitas in calculo Astronomico, ad Prosthaphæresin Lunæ referri solet, & cum ea confundi.

PROPOSITIO XXIII. PROBLEMA V.

Motus inæquales Satellitum Jovis & Saturni à motibus Lunaribus derivare.

Ex motibus Lunæ nostræ motus analogi Lunarum seu Satellitum Jovis sic derivantur. Motus medius Nodorum Satellitis extimi Jovialis, est ad motum medium Nodorum Lunæ nostræ, in ratione composita ex ratione duplicata temporis periodici Terræ circa Solem ad tempus periodicum Jovis circa Solem, & ratione simplici temporis periodici Satellitis circa Jovem ad tempus periodicum Lunæ circa Terram: (per Corol. 16. Prop. lxvi.) adeoque annis centum conficit Nodus iste 8 gr. 24'. in antecedentia. Motus medii Nodorum Satellitum interiorum sunt ad motum hujus, ut illorum tempora periodica ad tempus periodicum hujus, per idem Corollarium, & inde dantur. Motus autem Augis Satellitis cujusque in consequentia, est ad motum Nodorum ipsius in antecedentia, ut motus Apogæi Lunæ nostræ ad hujus motum Nodorum, (per idem Corol.) & inde datur. Diminui tamen debet motus Augis sic inventus in ratione 5 ad 9 vel 1 ad 2 circiter, ob causam quam hic exponere non vacat. Æquationes maximæ Nodorum & Augis Satellitis cujusque fere sunt ad æquationes maximas Nodorum & Augis Lunæ respective, ut motus Nodorum & Augis Satellitum tempore unius revolutionis æquationum priorum,

rum, ad motus Nodorum & Apogæi Lunæ tempore unius revolutionis æquationum posteriorum. Variatio Satellitis è Jove spectati, est ad Variationem Lunæ, ut sunt ad invicem toti motus Nodorum temporibus quibus Satelles & Luna ad Solem revolvuntur, per idem Corollarium; adeoque in Satellite extimo non superat 5″. 12‴.

PROPOSITIO XXIV. THEOREMA XIX.

Fluxum & refluxum Maris ab actionibus Solis ac Lunæ oriri.

Mare singulis diebus tam Lunaribus quam Solaribus bis intumescere debere ac bis defluere, patet per Corol. 19. Prop. LXVI. Lib. I. ut & aquæ maximam altitudinem, in maribus profundis & liberis, appulsum Luminarium ad Meridianum loci, minori quam sex horarum spatio sequi, uti fit in Maris *Atlantici* & *Æthiopici* tractu toto orientali inter *Galliam* & Promontorium *Bonæ Spei*, ut & in Maris *Pacifici* littore *Chilensi* & *Peruviano*: in quibus omnibus littoribus æstus in horam circiter tertiam incidit, nisi ubi motus per loca vadosa propagatus aliquantulum retardatur. Horas numero ab appulsu Luminaris utriusque ad Meridianum loci, tam infra Horizontem quam supra, & per horas diei Lunaris intelligo vigesimas quartas partes temporis quo Luna motu apparente diurno ad Meridianum loci revolvitur.

Motus autem bini, quos Luminaria duo excitant, non cernentur distincte, sed motum quendam mixtum efficient. In Luminarium Conjunctione vel Oppositione conjungentur eorum effectus, & componetur fluxus & refluxus maximus. In Quadraturis Sol attollet aquam ubi Luna deprimit, deprimetque ubi Sol attollit; & ex effectuum differentia æstus omnium minimus orietur. Et quoniam, experientia teste, major est effectus Lunæ quam Solis, incidet aquæ maxima altitudo in horam tertiam Lunarem. Extra Syzygias & Quadraturas, æstus maximus qui sola vi Lunari incidere semper deberet in horam tertiam Lunarem, & sola Solari in tertiam Solarem, compositis viribus incidet in tempus aliquod intermedium quod tertiæ Lunari propinquius est; adeoque in transitu Lunæ a Syzygiis ad Quadraturas, ubi hora tertia Solaris præcedit tertiam Lunarem, maxima aquæ altitudo præcedet etiam tertiam

tertiam Lunarem, idque maximo intervallo paulo post Octantes Lunæ; & paribus intervallis æstus maximus sequetur horam tertiam Lunarem in transitu Lunæ a Quadraturis ad Syzygias. Hæc ita sunt in Mari aperto. Nam in ostiis Fluviorum fluxus majores cæteris paribus tardius ad ἀκμὴν venient.

Pendent autem effectus Luminarium ex eorum distantiis a Terra. In minoribus enim distantiis majores sunt eorum effectus, in majoribus minores, idque in triplicata ratione diametrorum apparentium. Igitur Sol tempore hyberno, in Perigæo existens, majores edit effectus, efficitque ut æstus in Syzygiis paulo majores sint, & in Quadraturis paulo minores (cæteris paribus) quam tempore æstivo; & Luna in Perigæo singulis mensibus majores ciet æstus quam ante vel post dies quindecim, ubi in Apogæo versatur. Vnde fit ut æstus duo omnino maximi in Syzygiis continuis se mutuo non sequantur.

Pendet etiam effectus utriusque Luminaris ex ipsius Declinatione seu distantia ab Æquatore. Nam si Luminare in polo constitueretur, traheret illud singulas aquæ partes constanter, absque actionis intensione & remissione, adeoque nullam motus reciprocationem cieret. Igitur Luminaria recedendo ab æquatore polum versus, effectus suos gradatim amittent, & propterea minores ciebunt æstus in Syzygiis Solstitialibus quam in Æquinoctialibus. In Quadraturis autem Solstitialibus majores ciebunt æstus quam in Quadraturis Æquinoctialibus; eo quod Lunæ jam in æquatore constitutæ effectus maxime superat effectum Solis Incidunt igitur æstus maximi in Syzygias & minimi in Quadraturas Luminarium, circa tempora Æquinoctii utriusque. Et æstum maximum in Syzygiis comitatur semper minimus in Quadraturis, ut experientia compertum est. Per minorem autem distantiam Solis a Terra, tempore hyberno quam tempore æstivo, fit ut æstus maximi & minimi sæpius præcedant Æquinoctium vernum quam sequantur, & sæpius sequantur autumnale quam præcedant.

Pendent etiam effectus Luminarium ex locorum latitudine. Designet $ApEP$ Tellurem aquis profundis undique coopertam; C centrum ejus; P, p polos; AE Æquatorem; F locum quemvis extra Æquatorem; Ff parallelum loci; Dd parallelum ei respondentem ex altera parte æquatoris; L locum quem Luna tribus ante horis occupabat; H locum Telluris ei perpendiculariter subjectum;

subjectum; h locum huic oppositum; K, k loca inde gradibus 90 distantia, CH, Ch Maris altitudines maximas mensuratas a centro Telluris; & CK, Ck altitudines minimas: & si axibus Hh, Kk describatur Ellipsis, deinde Ellipseos hujus revolutione circa axem majorem Hh describatur Sphærois $HPKhpk$; designabit hæc figuram Maris quam proxime, & erunt CF, Cf, CD, Cd altitudines Maris in locis F, f, D, d. Quinetiam si in præfata Ellipseos revolutione punctum quodvis N describat circulum NM, secantem parallelos Ff, Dd in locis quibusvis R, T, & æquatorem AE in S; erit CN altitudo Maris in locis omnibus R, S, T, sitis in hoc circulo. Hinc in revolutione diurna loci cujusvis F, affluxus erit maximus in F, hora tertia post appulsum Lunæ ad Meridianum supra Horizontem; postea defluxus maximus in Q hora tertia post occasum Lunæ; dein affluxus maximus in f hora tertia post appulsum Lunæ ad Meridianum infra Horizontem; ultimo defluxus maximus in Q hora tertia post ortum Lunæ; & affluxus posterior in f erit minor quam affluxus prior in F. Distinguitur enim Mare totum in duos omnino fluctus Hemisphæricos, unum in Hemisphærio $KHkC$ ad Boream vergentem, alterum in Hemisphærio opposito $KhkC$; quos igitur fluctum Borealem & fluctum Australem nominare licet. Hi fluctus semper sibi mutuo oppositi, veniunt per vices ad Meridianos locorum singulorum, interposito intervallo horarum Lunarium duodecim. Cumque regiones Boreales magis participant fluctum Borealem, & Australes magis Australem, inde oriuntur æstus alternis vicibus majores & minores, in locis singulis extra æquatorem, in quibus luminaria oriuntur & occidunt. Æstus autem major, Luna in verticem loci declinante, incidet in horam circiter tertiam post appulsum Lunæ ad Meridianum supra Horizontem, & Luna declinationem mutante vertetur in minorem. Et fluxuum differentia maxima incidet in tempora Solstitiorum; præsertim si Lunæ Nodus ascendens versatur in principio Arietis. Sic experientia compertum est, quod æstus matutini tempore hyberno superent vespertinos & vespertini tempore

pore æstivo matutinos, ad *Plymuthum* quidem altitudine quasi pedis unius, ad *Bristoliam* vero altitudine quindecim digitorum: observantibus *Colepressio* & *Sturmio*. Liber Tertius.

Motus autem hactenus descripti mutantur aliquantulum per vim illam reciprocationis aquarum, qua Maris æstus, etiam cessantibus Luminarium actionibus, posset aliquamdiu perseverare. Conservatio hæcce motus impressi minuit differentiam æstuum alternorum; & æstus proxime post Syzygias majores reddit, eosque proxime post Quadraturas minuit. Unde fit ut æstus alterni ad *Plymuthum* & *Bristoliam* non multo magis differant ab invicem quam altitudine pedis unius vel digitorum quindecim; utque æstus omnium maximi in iisdem portubus, non sint primi a Syzygiis, sed tertii. Retardantur etiam motus omnes in transitu per vada, adeo ut æstus omnium maximi, in fretis quibusdam & Fluviorum ostiis, sint quarti vel etiam quinti a Syzygiis.

Porro fieri potest ut æstus propagetur ab Oceano per freta diversa ad eundem portum, & citius transeat per aliqua freta quam per alia: quo in casu æstus idem, in duos vel plures successive advenientes divisus, componere possit motus novos diversorum generum. Fingamus æstus duos æquales a diversis locis in eundem portum venire, quorum prior præcedat alterum spatio horarum sex, incidatque in horam tertiam ab appulsu Lunæ ad Meridianum portus. Si Luna in hocce suo ad Meridianum appulsu versabatur in æquatore, venient singulis horis senis æquales affluxus, qui in mutuos refluxus incidendo eosdem affluxibus æquabunt, & sic spatio diei illius efficient ut aqua tranquille stagnet. Si Luna tunc declinabat ab Æquatore, fient æstus in Oceano vicibus alternis majores & minores, uti dictum est; & inde propagabuntur in hunc portum affluxus bini majores & bini minores, vicibus alternis. Affluxus autem bini majores component aquam altissimam in medio inter utrumque, affluxus major & minor faciet ut aqua ascendat ad mediocrem altitudinem in Medio ipsorum, & inter affluxus binos minores aqua ascendet ad altitudinem minimam. Sic spatio viginti quatuor horarum, aqua non bis ut fieri solet, sed semel tantum perveniet ad maximam altitudinem & semel ad minimam; & altitudo maxima, si Luna declinat in polum supra Horizontem loci, incidet in horam vel sextam vel tricesimam ab appulsu Lunæ ad Meridianum, atque Luna declinationem mutante mutabitur in defluxum. Quorum omnium exemplum, in portu regni *Tunquini* ad *Batsham*, sub latitudine

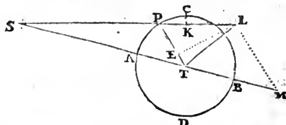
Boreali 20gr. 50′. *Halleius* ex Nautarum Obſervationibus patefecit. Ibi aqua die tranſitum Lunæ per Æquatorem ſequente ſtagnat, dein Luna ad Boream declinante incipit fluere & refluere, non bis, ut in aliis portubus, ſed ſemel ſingulis diebus; & æſtus incidit in occaſum Lunæ, defluxus maximus in ortum. Cum Lunæ declinatione augetur hic æſtus, uſque ad diem ſeptimum vel octavum, dein per alios ſeptem dies iiſdem gradibus decreſcit, quibus antea creverat; & Luna declinationem mutante ceſſat, ac mox mutatur in defluxum. Incidit enim ſubinde defluxus in occaſum Lunæ & affluxus in ortum, donec Luna iterum mutet declinationem. Aditus ad hunc portum fretaque vicina duplex patet, alter ab Oceano *Sinenſi* inter Continentem & Inſulam *Luconiam*, alter a Mari *Indico* inter Continentem & Inſulam *Borneo*. An æſtus ſpatio horarum duodecim a Mari *Indico*, & ſpatio horarum ſex a Mari *Sinenſi* per freta illa venientes, & ſic in horam tertiam & nonam Lunarem incidentes, componant hujuſmodi motus; ſitne alia Marium illorum conditio, obſervationibus vicinorum littorum determinandum relinquo.

Hactenus cauſas motuum Lunæ & Marium reddidi. De quantitate motuum jam convenit aliqua ſubjungere.

PROPOSITIO XXV. PROBLEMA VI.

Invenire vires Solis ad perturbandos motus Lunæ.

Deſignet S Solem, T Terram, P Lunam, $PADB$ orbem Lunæ. In SP capiatur SK æqualis ST; ſitque SL ad SK



in duplicata ratione SK ad SP, & ipſi PT agatur parallela LM; & ſi gravitas acceleratrix Terræ in Solem exponatur per diſtantiam ST vel SK, erit SL gravitas acceleratrix Lunæ in Solem.

Solem. Ea componitur ex partibus *SM*, *LM*, quarum *LM* & ipsius *SM* pars *TM* perturbat motum Lunæ, ut in Libri primi Prop. LXVI. & ejus Corollariis expositum est. Quatenus Terra & Luna circum commune gravitatis centrum revolvuntur, perturbabitur etiam motus Terræ circa centrum illud a viribus consimilibus; sed summas tam virium quam motuum referre licet ad Lunam, & summas virium per lineas ipsis analogas *TM* & *ML* designare. Vis *ML* (in mediocri sua quantitate) est ad vim centripetam, qua Luna in Orbe suo circa Terram quiescentem ad distantiam *PT* revolvi posset, in duplicata ratione temporum periodicorum Lunæ circa Terram & Terræ circa Solem, (per Corol. 17. Prop. LXVI. Lib. I.) hoc est, in duplicata ratione dierum 27. *hor.* 7. *min.* 43. ad dies 365. *hor.* 6. *min.* 9. id est, ut 1000 ad 178725, seu 1 ad $178\frac{29}{40}$. Invenimus autem in Propositione quarta quod, si Terra & Luna circa commune gravitatis centrum revolvantur, earum distantia mediocris ab invicem erit $60\frac{1}{2}$ semidiametrorum mediocrium Terræ quamproxime. Et vis qua Luna in Orbe circa Terram quiescentem, ad distantiam *PT* semidiametrorum terrestrium $60\frac{1}{2}$ revolvi posset, est ad vim, qua eodem tempore ad distantiam semidiametrorum 60 revolvi posset, ut $60\frac{1}{2}$ ad 60; & hæc vis ad vim gravitatis apud nos ut 1 ad 60×60 quamproxime. Ideoque vis mediocris *ML* est ad vim gravitatis in superficie Terræ, ut $1 \times 60\frac{1}{2}$ ad $60 \times 60 \times 60 \times 178\frac{29}{40}$, seu 1 ad 638092,6. Unde ex proportione linearum *TM*, *ML*, datur etiam vis *TM*: & hæ sunt vires Solis quibus Lunæ motus perturbantur. *Q.E.I.*

PROPOSITIO XXVI. PROBLEMA VII.

Invenire incrementum horarium areæ quam Luna, radio ad Terram ducto, in Orbe circulari describit.

Diximus aream, quam Luna radio ad Terram ducto describit, esse tempori proportionalem, nisi quatenus motus Lunaris ab actione Solis turbatur. Inæqualitatem momenti (vel incrementi horarii) hic investigandam proponimus. Ut computatio facilior reddatur, fingamus orbem Lunæ circularem esse, & inæqualitates omnes negligamus, ea sola excepta, de qua hic agitur. Ob ingentem vero Solis distantiam, ponamus etiam lineas *SP*, *ST* sibi invicem parallelas esse. Hoc pacto vis *LM* reducetur semper ad

De Mundi Systemate

ad mediocrem suam quantitatem TP, ut & vis TM ad mediocrem suam quantitatem $3PK$. Hæ vires, per Legum Corol. 2. componunt vim TL; & hæc vis, si in radium TP demittatur perpendiculum LE, resolvitur in vires TE, EL, quarum TE, agendo semper secundum radium TP, nec accelerat nec retardat descriptionem areæ TPC radio illo TP factam; & EL agendo secundum perpendiculum, accelerat vel retardat ipsam, quantum accelerat vel retardat Lunam. Acceleratio illa Lunæ, in transitu ipsius a Quadratura C ad Conjunctionem A, singulis temporis momentis facta, est ut ipsa vis accelerans EL, hoc est, ut $\frac{3PK \times TK}{TP}$. Exponatur tempus per motum medium Lunarem, vel (quod eodem fere recidit) per angulum CTP, vel etiam per arcum CP. Ad CT erigatur normalis CG ipsi CT æqualis. Et diviso arcu quadrantali AC in particulas innumeras æquales Pp, &c. per quas æquales totidem particulæ temporis exponi possint, ductaque pk perpendiculari ad CT, jungatur TG ipsis KP, kp productis occurrens in F & f; & erit Kk ad PK ut Pp ad Tp, hoc est in data ratione, adeoque $FK \times Kk$ seu area $FKkf$, ut $\frac{3PK \times TK}{TP}$, id est, ut EL; & composite, area tota $GCKF$ ut summa omnium virium EL tempore toto CP impressarum in Lunam, atque adeo etiam ut velocitas hac summa

summa genita, id est, ut acceleratio descriptionis areæ CTP, seu incrementum momenti. Vis qua Luna circa Terram quiescentem ad distantiam TP, tempore suo periodico $CADBC$ dierum 27. *hor.* 7. *min.* 43. revolvi posset, efficeret ut corpus, tempore CT cadendo, describeret longitudinem $\frac{1}{2}CT$, & velocitatem simul acquireret æqualem velocitati, qua Luna in Orbe suo movetur. Patet hoc per Corol. 9. Prop. IV. Lib. I. Cum autem perpendiculum Kd in TP demissum sit ipsius EL pars tertia, & ipsius TP seu ML in Octantibus pars dimidia, vis EL in Octantibus, ubi maxima est, superabit vim ML in ratione 3 ad 2, adeoque erit ad vim illam, qua Luna tempore suo periodico circa Terram quiescentem revolvi posset, ut 100 ad $\frac{2}{3} \times 17872\frac{1}{2}$ seu 11915, & tempore CT velocitatem generare deberet quæ esset pars $\frac{100}{11915}$ velocitatis Lunaris, tempore autem CPA velocitatem majorem generaret in ratione CA ad CT seu TP. Exponatur vis maxima EL in Octantibus per aream $FK \times Kk$ rectangulo $\frac{1}{2}TP \times Pp$ æqualem. Et velocitas, quam vis maxima tempore quovis CP generare posset, erit ad velocitatem quam vis omnis minor EL eodem tempore generat, ut rectangulum $\frac{1}{2}TP \times CP$ ad aream $KCGF$: tempore autem toto CPA, velocitates genitæ erunt ad invicem ut rectangulum $\frac{1}{2}TP \times CA$ & triangulum TCG, sive ut arcus quadrantalis CA & radius TP. Ideoque (per Prop. IX. Lib. V. Elem.) velocitas posterior, toto tempore genita, erit pars $\frac{100}{11915}$ velocitatis Lunæ. Huic Lunæ velocitati, quæ areæ momento mediocri analoga est, addatur & auferatur dimidium velocitatis alterius; & si momentum mediocre exponatur per numerum 11915, summa 11915 + 50 seu 11965 exhibebit momentum maximum areæ in Syzygia A, ac differentia 11915 − 50 seu 11865 ejusdem momentum minimum in Quadraturis. Igitur areæ temporibus æqualibus in Syzygiis & Quadraturis descriptæ, sunt ad invicem ut 11965 ad 11865. Ad momentum minimum 11865 addatur momentum, quod sit ad momentorum differentiam 100 ut trapezium $FKCG$ ad triangulum TCG (vel quod perinde est, ut quadratum Sinus PK ad quadratum Radii TP, id est, ut Pd ad TP) & summa exhibebit momentum areæ, ubi Luna est in loco quovis intermedio P.

Hæc omnia ita se habent, ex Hypothesi quod Sol & Terra quiescunt, & Luna tempore Synodico dierum 27. *hor.* 7. *min.* 43. revolvitur. Cum autem periodus Synodica Lunaris vere sit dierum

rum 29. *hor.* 12. & *min.* 44. augeri debent momentorum incrementa in ratione temporis, id est, in ratione 1080853 ad 1000000. Hoc pacto incrementum totum, quod erat pars $\frac{100}{11915}$ momenti mediocris, jam fiet ejusdem pars $\frac{100}{11023}$. Ideoque momentum areæ in Quadratura Lunæ erit ad ejus momentum in Syzygia ut 11023 − 50 ad 11023 + 50, seu 10973 ad 11073, & ad ejus momentum, ubi Luna in alio quovis loco intermedio *P* versatur, ut 10973 ad 10973 + *Pd*, existente videlicet *TP* æquali 100.

Area igitur, quam Luna radio ad Terram ducto singulis temporis particulis æqualibus describit, est quam proxime ut summa numeri 219,46 & Sinus versi duplicatæ distantiæ Lunæ a Quadratura proxima, in circulo cujus radius est unitas. Hæc ita se habent ubi Variatio in Octantibus est magnitudinis mediocris. Sin Variatio ibi major sit vel minor, augeri debet vel minui Sinus ille versus in eadem ratione.

PROPOSITIO XXVII. PROBLEMA VIII.

Ex motu horario Lunæ invenire ipsius distantiam a Terra.

Area, quam Luna radio ad Terram ducto, singulis temporis momentis, describit, est ut motus horarius Lunæ & quadratum distantiæ Lunæ a Terra conjunctim; & propterea distantia Lunæ a Terra est in ratione composita ex subduplicata ratione Areæ directe & subduplicata ratione motus horarii inverse. *Q.E.I.*

Corol. 1. Hinc datur Lunæ diameter apparens: quippe quæ sit reciproce ut ipsius distantia a Terra. Tentent Astronomi quam probe hæc Regula cum Phænomenis congruat.

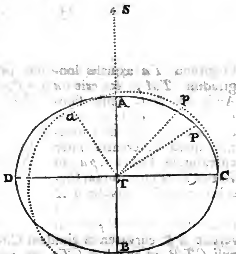
Corol. 2. Hinc etiam Orbis Lunaris accuratius ex Phænomenis quam antehac definiri potest.

PROPOSITIO XXVIII. PROBLEMA IX.

Invenire diametros Orbis in quo Luna, absque eccentricitate, moveri deberet.

Curvatura Trajectoriæ, quam mobile, si secundum Trajectoriæ illius perpendiculum trahatur, describit, est ut attractio directe & quadratum velocitatis inverse. Curvaturas linearum pono esse inter

ter se in ultima proportione Sinuum vel Tangentium angulorum contactuum ad radios æquales pertinentium, ubi radii illi in infinitum diminuuntur. Attractio autem Lunæ in Terram in Syzygiis est excessus gravitatis ipsius in Terram supra vim Solarem $2PK$ (Vide *Figur. pag.* 394.) qua gravitas acceleratrix Lunæ in Solem superat gravitatem acceleratricem Terræ in Solem. In Quadraturis autem attractio illa est summa gravitatis Lunæ in Terram & vis Solaris KT, qua Luna in Terram trahitur. Et hæ attractiones, si $\frac{AT+CT}{2}$ dicatur N, sunt ut $\frac{178725}{ATq} - \frac{2000}{CT \times N}$ & $\frac{178725}{CTq} + \frac{1000}{AT \times N}$ quam proxime; seu ut $178725 N \times CTq - 2000 ATq \times CT$ & $178725 N \times ATq + 1000 CTq \times AT$. Nam si gravitas acceleratrix Lunæ in Terram exponatur per numerum 178725, vis mediocris ML, quæ in Quadraturis est PT vel TK & Lunam trahit in Terram, erit 1000, & vis mediocris TM in Syzygiis erit 3000; de qua, si vis mediocris ML subducatur, manebit vis 2000 qua Luna in Syzygiis distrahitur a Terra, quamque jam ante nominavi $2PK$. Velocitas autem Lunæ in Syzygiis A & B est ad ipsius velocitatem in Quadraturis C & D, ut CT ad AT & momentum areæ quam Luna radio ad Terram ducto describit in Syzygiis ad momentum ejusdem areæ in Quadraturis conjunctim; i.e. ut $11073 CT$ ad $10973 AT$. Sumatur hæc ratio bis inverse & ratio prior semel directe, & fiet curvatura Orbis Lunaris in Syzygiis ad ejusdem curvaturam in Quadraturis ut $120406729 \times 178725 ATq \times CTq \times N - 120406729 \times 2000 ATqq \times CT$ ad $122611329 \times 178725 ATq \times CTq \times N + 122611329 \times 1000 CTqq \times AT$, *i.e.* ut $2151969 AT \times CT \times N - 24081 AT\,cub.$ ad $2191371 AT \times CT \times N + 12261 CT\,cub.$



Quoniam

Quoniam Figura orbis Lunaris ignoratur, hujus vice assumamus Ellipsin $DBCA$, in cujus centro T Terra collocetur, & cujus axis major DC Quadraturis, minor AB Syzygiis interjaceat. Cum autem planum Ellipseos hujus motu angulari circa Terram revolvatur, & Trajectoria cujus curvaturam consideramus, describi debet in plano quod omni motu angulari omnino destituitur: consideranda erit Figura, quam Luna in Ellipsi illa revolvendo describit in hoc plano, hoc est Figura Cpa, cujus puncta singula p inveniuntur capiendo punctum quodvis P in Ellipsi, quod locum Lunæ representet, & ducendo Tp æqualem TP, ea lege ut angulus PTp æqualis sit motui apparenti Solis a tempore Quadraturæ C confecto; vel (quod eodem fere recidit) ut angulus CTp sit ad angulum CTP ut tempus revolutionis Synodicæ Lunaris ad tempus revolutionis Periodicæ seu $29^{d.}\ 12^{h.}\ 44'$, ad $27^{d.}\ 7^{h.}\ 43'$. Capiatur igitur angulus CTa in eadem ratione ad angulum rectum CTA, & sit longitudo Ta æqualis longitudini TA; & erit a Apsis ima & C Apsis summa Orbis hujus Cpa. Rationes autem ineundo invenio quod differentia inter curvaturam Orbis Cpa in vertice a, & curvaturam Circuli centro T intervallo TA descripti, sit ad differentiam inter curvaturam Ellipseos in vertice A & curvaturam ejusdem Circuli, in duplicata ratione anguli CTP ad angulum CTp; & quod curvatura Ellipseos in A sit ad curvaturam Circuli illius, in duplicata ratione TA ad TC; & curvatura Circuli illius ad curvaturam Circuli centro T intervallo TC descripti, ut TC ad TA; hujus autem curvatura ad curvaturam Ellipseos in C, in duplicata ratione TA ad TC; & differentia inter curvaturam Ellipseos in vertice C & curvaturam Circuli novissimi, ad differentiam inter curvaturam Figuræ Tpa in vertice C & curvaturam ejusdem Circuli, in duplicata ratione anguli

anguli CTp ad angulum CTP. Quæ quidem rationes ex ſinubus angulorum contactus ac differentiarum angulorum facile colliguntur. His autem inter ſe collatis, prodit curvatura Figuræ Cpa in a ad ipſius curvaturam in C, ut $AT\,cub + \frac{16824}{100000} CTq \times AT$ ad $CT\,cub + \frac{16824}{100000} ATq \times CT$. Ubi numerus $\frac{16824}{100000}$ deſignat differentiam quadratorum angulorum CTP & CTp applicatam ad quadratum anguli minoris CTP, ſeu (quod perinde eſt) differentiam quadratorum temporum $27^{d.}\,7^{h.}\,43'$, & $29^{d.}\,12^{h.}\,44'$, applicatam ad quadratum temporis $27^{d.}\,7^{h.}\,43'$.

Igitur cum a deſignet Syzygiam Lunæ, & C ipſius Quadraturam, proportio jam inventa eadem eſſe debet cum proportione curvaturæ Orbis Lunæ in Syzygiis ad ejuſdem curvaturam in Quadraturis, quam ſupra invenimus. Proinde ut inveniatur proportio CT ad AT, duco extrema & media in ſe invicem. Et termini prodeuntes ad $AT \times CT$ applicati, fiunt $2062{,}79\, CTqq - 2151969\, N \times CT\,cub + 368676\, N \times AT \times CTq + 36342\, ATq \times CTq - 362047\, N \times ATq \times CT + 2191371\, N \times AT\,cub + 4051{,}4\, ATqq = 0$. Hic pro terminorum AT & CT ſemiſumma N ſcribo 1, & pro eorundem ſemidifferentia ponendo x, fit $CT = 1 + x$, & $AT = 1 - x$: quibus in æquatione ſcriptis, & æquatione prodeunte reſoluta, obtinetur x æqualis 0,00719, & inde ſemidiameter CT fit 1,00719, & ſemidiameter AT 0,99281, qui numeri ſunt ut $70\frac{1}{24}$ & $69\frac{1}{24}$ quam proxime. Eſt igitur diſtantia Lunæ a Terra in Syzygiis ad ipſius diſtantiam in Quadraturis (ſepoſita ſcilicet Eccentricitatis conſideratione) ut $69\frac{1}{24}$ ad $70\frac{1}{24}$, vel numeris rotundis ut 69 ad 70.

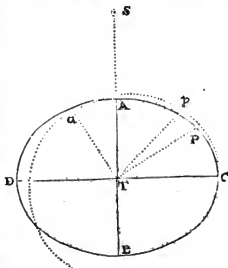
PROPOSITIO XXIX. PROBLEMA X.

Invenire Variationem Lunæ.

Oritur hæc inæqualitas partim ex forma Elliptica orbis Lunaris, partim ex inæqualitate momentorum areæ, quam Luna radio ad Terram ducto deſcribit. Si Luna P in Ellipſi $DBCA$ circa Terram in centro Ellipſeos quieſcentem moveretur, & radio TP ad Terram ducto deſcriberet aream CTP tempori proportionalem; eſſet autem Ellipſeos ſemidiameter maxima CT ad ſemidiametrum minimam TA ut 70 ad 69: foret tangens anguli CTP ad tangentem anguli motus medii a Quadratura C computati, ut Ellipſeos ſemidiameter TA ad ejuſdem ſemidiametrum

 TC

TC seu 69 ad 70. Debet autem descriptio areæ *CTP*, in progressu Lunæ a Quadratura ad Syzygiam, ea ratione accelerari, ut ejus momentum in Syzygia Lunæ sit ad ejus momentum in Quadratura ut 11073 ad 10973, utque excessus momenti in loco quovis intermedio *P* supra momentum in Quadratura sit ut quadratum sinus anguli *CTP*. Id quod satis accurate fiet, si tangens anguli *CTP* diminuatur in subduplicata ratione numeri 10973 ad numerum 11073, id est, in ratione numeri 68,6877 ad numerum 69. Quo pacto tangens anguli *CTP* jam erit ad tangentem motus medii ut 68,6877 ad 70, & angulus *CTP* in Octantibus, ubi motus medius est $45^{gr.}$ invenietur $44^{gr.}\ 27'.\ 28''$. qui subductus de angulo motus medii $45^{gr.}$ relinquit Variationem maximam $32'.\ 32''$. Hæc ita se haberent si Luna, pergendo a Quadratura ad Syzygiam, describeret angulum *CTA* graduum tantum nonaginta. Verum ob motum Terræ, quo Sol in consequentia motu apparente transfertur, Luna, priusquam Solem assequitur, describit angulum *CTa* angulo recto majorem in ratione temporis revolutionis Lunaris Synodicæ ad tempus revolutionis Periodicæ, id est, in ratione $29^{d.}\ 12^{h.}\ 44'$. ad $27^{d.}\ 7^{h.}\ 43'$. Et hoc pacto anguli omnes circa centrum *T* dilatantur in eadem ratione, & Variatio maxima quæ secus esset $32'.\ 32''$, jam aucta in eadem ratione fit $35'.\ 10''$.



Hæc est ejus magnitudo in mediocri distantia Solis a Terra, neglectis differentiis quæ a curvatura Orbis magni majorique Solis actione in Lunam falcatam & novam quam in gibbosam & plenam, oriri possint. In aliis distantiis Solis a Terra, Variatio maxima est in ratione quæ componitur ex duplicata ratione temporis revolutionis Synodicæ Lunaris (dato anni tempore) directe, & triplicata ratione distantiæ Solis a Terra inverse. Ideoque in Apogæo

Apogæo Solis, Variatio maxima est 33'. 14", & in ejus Perigæo 37'. 11", si modo Eccentricitas Solis sit ad Orbis magni semidiametrum transversam ut $16\frac{1}{16}$ ad 1000.

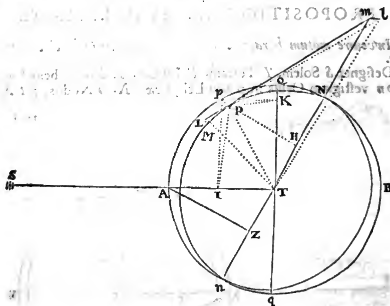
Hactenus Variationem investigavimus in Orbe non eccentrico, in quo utique Luna in Octantibus suis semper est in mediocri sua distantia a Terra. Si Luna propter eccentricitatem suam, magis vel minus distat a Terra quam si locaretur in hoc Orbe, Variatio paulo major esse potest vel paulo minor quam pro Regula hic allata: sed excessum vel defectum ab Astronomis per Phænomena determinandum relinquo.

PROPOSITIO XXX. PROBLEMA XI.

Invenire motum horarium Nodorum Lunæ in Orbe circulari.

Designet *S* Solem, *T* Terram, *P* Lunam, *NPn* Orbem Lunæ, *Npn* vestigium Orbis in plano Eclipticæ; *N*, *n* Nodos, *nTNm* lineam Nodorum infinite productam; *PI*, *PK* perpendicula demissa in lineas *ST*, *Qq*; *Pp* perpendiculum demissum in planum

Eclipticæ; *Q*, *q* Quadraturas Lunæ in plano Eclipticæ, & *pK* perpendiculum in lineam *Qq* Quadraturis interjacentem. Vis Solis ad perturbandum motum Lunæ (per Prop. xxv.) duplex est, altera lineæ *LM*, altera lineæ *MT* proportionalis. Et Luna vi priore in Terram, posteriore in Solem secundum lineam rectæ *ST* a Terra ad Solem ductæ parallelam trahitur. Vis prior *LM* agit secundum planum orbis Lunaris, & propterea situm plani nil mutat. Hæc igitur negligenda est. Vis posterior *MT* qua planum Orbis Lunaris perturbatur eadem est cum vi 3*PK* vel 3*IT*. Et hæc vis (per Prop. xxv.) est ad vim qua Luna in circulo circa



Terram quiescentem tempore suo periodico uniformiter revolvi posset, ut 3*IT* ad Radium circuli multiplicatum per numerum 178,725. sive ut *IT* ad Radium multiplicatum per 59,575. Cæterum in hoc calculo & eo omni qui sequitur, considero lineas omnes a Luna ad Solem ductas tanquam parallelas lineæ quæ a Terra ad Solem ducitur, propterea quod inclinatio tantum fere minuit effectus omnes in aliquibus casibus, quantum auget in aliis; & Nodorum motus mediocres quærimus, neglectis istiusmodi minutiis, quæ calculum nimis impeditum redderent.

De-

Designet jam *PM* arcum, quem Luna dato tempore quam minimo describit, & *ML* lineolam quam Luna, impellente vi præfata $3IT$, eodem tempore describere posset. Jungantur *PL*, *MP*, & producantur eæ ad *m* & *l*, ubi secent planum Eclipticæ; inque *Tm* demittatur perpendiculum *PH*. Et quoniam recta *ML* parallela est plano Eclipticæ, ideoque cum recta *ml* quæ in plano illo jacet concurrere non potest, & tamen jacent hæ rectæ in plano communi *LMPml*; parallelæ erunt hæ rectæ, & propterea similia erunt triangula *LMP*, *Lmp*. Jam cum *MPm* sit in plano Orbis, in quo Luna in loco *P* movebatur, incidet punctum *m* in lineam *Nn* per Orbis illius Nodos *N*, *n* ductam. Et quoniam vis qua lineola *LM* generatur, si tota simul & semel in loco *P* impressa esset, efficeret ut Luna moveretur in arcu, cujus chorda esset *LP*, atque adeo transferret Lunam de plano *MPmT* in planum *LPlT*; motus angularis Nodorum a vi illa genitus, æqualis erit angulo *mTl*. Est autem *ml* ad *mP* ut *ML* ad *MP*, adeoque cum *MP* ob datum tempus data sit, est *ml* ut rectangulum $ML \times mP$, id est, ut rectangulum $IT \times mP$. Et angulus *mTl*, si modo angulus *Tml* rectus sit, est ut $\frac{ml}{Tm}$, & propterea ut $\frac{IT \times Pm}{Tm}$, id est, (ob proportionales *Tm* & *mP*, *TP* & *PH*) ut $\frac{IT \times PH}{TP}$, adeoque ob datam *TP*, ut $IT \times PH$. Quod si angulus *Tml*, seu *STN* obliquus sit, erit angulus *mTl* adhuc minor, in ratione sinus anguli *STN* ad Radium. Est igitur velocitas Nodorum ut $IT \times PH \times AZ$, sive ut contentum sub sinubus trium angulorum *TPI*, *PTN* & *STN*.

Si anguli illi, Nodis in Quadraturis & Luna in Syzygia existentibus, recti sint, lineola *ml* abibit in infinitum, & angulus *mTl* evadet angulo *mPl* æqualis. Hoc autem in casu, angulus *mPl* est ad angulum *PTM*, quem Luna eodem tempore motu suo apparente circa Terram describit ut 1 ad 59,575. Nam angulus *mPl* æqualis est angulo *LPM*, id est, angulo deflexionis Lunæ a recto tramite, quem sola vis præfata Solaris $3IT$ si tum cessaret Lunæ gravitas dato illo tempore generare posset; & angulus *PTM* æqualis est angulo deflexionis Lunæ a recto tramite, quem vis illa, qua Luna in Orbe suo retinetur, si tum cessaret vis Solaris $3IT$ eodem tempore generaret. Et hæ vires, ut supra diximus,

De Mundi Systemate

mus, ſunt ad invicem ut 1 ad 59,575. Ergo cum motus medius horarius Lunæ (reſpectu fixarum) ſit 32'. 56''. 27'''. $12^{iv}\frac{1}{2}$, motus horarius Nodi in hoc caſu erit 33''. 10'''. 33^{iv}. 12^{v}. Aliis autem in caſibus motus iſte horarius erit ad 33''. 10'''. 33^{iv}. 12^{v}. ut contentum ſub ſinubus angulorum trium *TPI*, *PIN*, & *STN* (ſeu diſtantiarum Lunæ a Quadratura, Lunæ a Nodo, & Nodi a Sole) ad cubum Radii. Et quoties ſignum anguli alicujus de affirmativo in negativum, deque negativo in affirmativum mutatur, debebit motus regreſſivus in progreſſivum & progreſſivus in regreſſivum mutari. Unde fit ut Nodi progrediantur quoties Luna inter Quadraturam alterutram & Nodum Quadraturæ proximum verſatur. Aliis in caſibus regrediuntur, & per exceſſum regreſſus ſupra progreſſum, ſingulis menſibus feruntur in antecedentia.

Corol. 1. Hinc ſi a dati arcus quam minimi *PM* terminis *P* & *M* ad lineam Quadraturas jungentem *Qq* demittantur perpendicula *PK*, *Mk*, eademque producantur donec ſecent lineam Nodorum *Nn* in *D* & *d*; erit motus horarius Nodorum ut area *MPDd* & quadratum lineæ *AZ* conjunctim. Sunto enim *PK*, *PH* & *AZ* prædicti tres ſinus. Nempe *PK* ſinus diſtantiæ Lunæ a Quadratura, *PH* ſinus diſtantiæ Lunæ a Nodo, & *AZ* ſinus diſtantiæ Nodi a Sole: & erit velocitas Nodi ut contentum $PK \times PH \times AZ$. Eſt autem *PT* ad *PK* ut *PM* ad *Kk*, adeoque ob datas *PT* & *PM* eſt *Kk* ipſi *PK* proportionalis. Eſt & *AT* ad *PD* ut *AZ* ad *PH*, & propterea *PH* rectangulo

$PD \times AZ$

$PD \times AZ$ proportionalis, & conjunctis rationibus, $PK \times PH$ est ut contentum $Kk \times PD \times AZ$, & $PK \times PH \times AZ$ ut $Kk \times PD \times AZ\,qu.$ id est, ut area $PDdM$ & $AZ\,qu.$ conjunctim. *Q.E.D.*

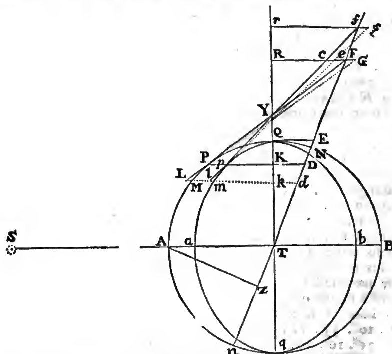
Corol. 2. In data quavis Nodorum positione, motus horarius mediocris est semissis motus horarii in Syzygiis Lunæ, ideoque est ad 16''. 35'''. 16iv. 36v. ut quadratum sinus distantiæ Nodorum a Syzygiis ad quadratum Radii, sive ut $AZ\,qu.$ ad $AT\,qu.$ Nam si Luna uniformi cum motu perambulet semicirculum QAq, summa omnium arearum $PDdM$, quo tempore Luna pergit a Q ad M, erit area $QMdE$ quæ ad circuli tangentem QE terminatur; & quo tempore Luna attingit punctum n, summa illa erit area tota $EQAn$ quam linea PD describit, dein Luna pergente ab n ad q, linea PD cadet extra circulum, & aream nqe ad circuli tangentem qe terminatam describet, quæ, quoniam Nodi prius regrediebantur, jam vero progrediuntur, subduci debet de area priore, & cum æqualis sit areæ QEN, relinquet semicirculum $NQAn$. Igitur summa omnium arearum $PDdM$, quo tempore Luna semicirculum describit, est area semicirculi; & summa omnium quo tempore Luna circulum describit est area circuli totius. At area $PDdM$, ubi Luna versatur in Syzygiis, est rectangulum sub arcu PM & radio MT; & summa omnium huic æqualium arearum, quo tempore Luna circulum describit, est rectangulum sub circumferentia tota & radio circuli; & hoc rectangulum, cum sit æquale duobus circulis, duplo majus est quam rectangulum prius. Proinde Nodi, ea cum velocitate uniformiter continuata quam habent in Syzygiis Lunaribus, spatium duplo majus describerent quam revera describunt; & propterea motus mediocris quocum, si uniformiter continuaretur, spatium a se inæquabili cum motu revera confectum describere possent, est semissis motus quem habent in Syzygiis Lunæ. Unde cum motus horarius maximus, si Nodi in Quadraturis versantur, sit 33''. 10'''. 33iv. 12v, motus mediocris horarius in hoc casu erit 16''. 35'''. 16iv. 36v. Et cum motus horarius Nodorum semper sit ut $AZ\,qu.$ & area $PDdM$ conjunctim, & propterea motus horarius Nodorum in Syzygiis Lunæ ut $AZ\,qu.$ & area $PDdM$ conjunctim, id est (ob datam aream $PDdM$ in Syzygiis descriptam) ut $AZ\,qu.$ erit etiam motus mediocris ut $AZ\,qu.$ atque adeo hic motus, ubi Nodi extra Quadraturas versantur, erit ad 16''. 35'''. 16iv. 36v. ut $AZ\,qu.$ ad $AT\,qu.$ *Q.E.D.*

PRO-

PROPOSITIO XXXI. PROBLEMA XII.

Invenire motum horarium Nodorum Lunæ in Orbe Elliptico.

Designet *Qpmaq* Ellipsin, axe majore *Qq*, minore *ab* descriptam, *QAq* Circulum circumscriptum, *T* Terram in utriusque centro communi, *S* Solem, *p* Lunam in Ellipsi motam, & *pm* arcum quem data temporis particula quam minima describit, *N* & *n* Nodos linea *Nn* junctos, *pK* & *mk* perpendicula in axem *Qq* demissa & hinc inde producta, donec occurrant Circulo in *P* & *M*,



& lineæ Nodorum in *D* & *d*. Et si Luna, radio ad Terram ducto, aream describat tempori proportionalem, erit motus Nodi in Ellipsi ut area *pDdm*.

Nam si *PF* tangat Circulum in *P*, & producta occurrat *TN* in *F*, & *pf* tangat Ellipsin in *p* & producta occurrat eidem *TN* in

in f, conveniant autem hæ tangentes in axe TQ ad T; & si ML designet spatium quod Luna in Circulo revolvens, interea dum describit arcum PM, urgente & impellente vi prædicta $3IT$, motu transverso describere posset, & ml designet spatium quod Luna in Ellipsi revolvens eodem tempore, urgente etiam vi $3IT$, describere posset; & producantur LP & lp donec occurrant plano Eclipticæ in G & g; & jungantur FG & fg, quarum FG producta secet pf, pg & TQ in c, e & R respective, & fg producta secet TQ in r: Quoniam vis $3IT$ seu $3PK$ in Circulo est ad vim $3IT$ seu $3pK$ in Ellipsi, ut PK ad pK, seu AT ad aT; erit spatium ML vi priore genitum, ad spatium ml vi posteriore genitum, ut PK ad pK, id est, ob similes figuras $PTKp$ & $FTRc$, ut FR ad cR. Est autem ML ad FG (ob similia triangula PLM, PGF) ut PL ad PG, hoc est (ob parallelas Lk, PK, GR) ut pl ad pe, id est, (ob similia triangula plm, cpe) ut lm ad ce; & inverse ut LM est ad lm, seu FR ad cR, ita est FG ad ce. Et propterea si fg esset ad ce ut fT ad cT, id est, ut fr ad cR (hoc est, ut fr ad FR & FR ad cR conjunctim, id est, ut fT ad FT & FG ad ce conjunctim,) quoniam ratio FG ad ce utrinque ablata relinquit rationes fg ad FG & fT ad FT, foret fg ad FG ut fT ad FT; atque adeo anguli, quos FG & fg subtenderent ad Terram T, æquarentur inter se. Sed anguli illi (per ea quæ in præcedente Propositione exposuimus) sunt motus Nodorum, quo tempore Luna in Circulo arcum PM, in Ellipsi arcum pm percurrit: & propterea motus Nodorum in Circulo & Ellipsi æquarentur inter se. Hæc ita se haberent, si modo fg esset ad ce ut fT ad cT, id est, si fg æqualis esset $\frac{ce \times fT}{cT}$. Verum ob similia triangula fgp, cep, est fg ad ce ut fp ad cp; ideoque fg æqualis est $\frac{ce \times fp}{cp}$; & propterea angulus, quem fg revera subtendit, est ad angulum priorem, quem FG subtendit, hoc est, motus Nodorum in Ellipsi ad motum Nodorum in Circulo, ut hæc fg seu $\frac{ce \times fp}{cp}$ ad priorem fg seu $\frac{ce \times fT}{cT}$, id est, ut $fp \times cT$ ad $fT \times cp$, seu fp ad fT & cT ad cp, hoc est, si ph ipsi TN parallela occurrat FP in h, ut Fh ad FT & FT ad FP; hoc est, ut Fh ad FP seu Dp ad DP, adeoque ut area $Dpmd$ ad aream $DPMd$. Et propterea, cum area po-

 sterior

ſterior proportionalis ſit motui Nodorum in Circulo, erit area prior proportionalis motui Nodorum in Ellipſi. *Q.E.D.*

Corol. Igitur cum, in data Nodorum poſitione, ſumma omnium arearum $pDdm$, quo tempore Luna pergit a Quadratura ad locum quemvis m, ſit area $mpQEd$, quæ ad Ellipſeos tangentem QE terminatur; & ſumma omnium arearum illarum, in revolutione integra, ſit area Ellipſeos totius: motus mediocris Nodorum in Ellipſi erit ad motum mediocrem Nodorum in Circulo, ut Ellipſis ad Circulum; id eſt, ut Ta ad TA, ſeu 69 ad 70. Et propterea, cum motus mediocris horarius Nodorum in Circulo ſit ad $16''. 35'''. 16^{iv}. 36^{v}.$ ut $AZqu.$ ad $ATqu.$ ſi capiatur angulus $16''. 21'''. 3^{iv}. 30^{v}.$ ad angulum $16''. 35'''. 16^{iv}. 36^{v}.$ ut 69 ad 70, erit motus mediocris horarius Nodorum in Ellipſi ad $16''. 21'''. 3^{iv}. 30^{v}.$ ut AZq ad ATq; hoc eſt, ut quadratum ſinus diſtantiæ Nodi a Sole ad quadratum Radii.

Cæterum Luna, radio ad Terram ducto, aream velocius deſcribit in Syzygiis quam in Quadraturis, & eo nomine tempus in Syzygiis contrahitur, in Quadraturis producitur; & una cum tempore motus Nodorum augetur ac diminuitur. Erat autem momentum areæ in Quadraturis Lunæ ad ejus momentum in Syzygiis ut 10973 ad 11073, & propterea momentum mediocre in Octantibus eſt ad exceſſum in Syzygiis, defectumque in Quadraturis, ut numerorum ſemiſumma 11023 ad eorundem ſemidifferentiam 50. Unde cum tempus Lunæ in ſingulis Orbis particulis æqualibus ſit reciproce ut ipſius velocitas, erit tempus mediocre in Octantibus ad exceſſum temporis in Quadraturis, ac defectum in Syzygiis, ab hac cauſa oriundum, ut 11023 ad 50 quam proxime. Pergendo autem a Quadraturis ad Syzygias, invenio quod exceſſus momentorum areæ in locis ſingulis, ſupra momentum minimum in Quadraturis, ſit ut quadratum ſinus diſtantiæ Lunæ a Quadraturis quam proxime; & propterea differentia inter momentum in loco quocunque & momentum mediocre in Octantibus, eſt ut differentia inter quadratum ſinus diſtantiæ Lunæ a Quadraturis & quadratum ſinus graduum 45, ſeu ſemiſſem quadrati Radii; & incrementum temporis in locis ſingulis inter Octantes & Quadraturas, & decrementum ejus inter Octantes & Syzygias, eſt in eadem ratione. Motus autem Nodorum, quo tempore Luna percurrit ſingulas Orbis particulas æquales, acceleratur vel retardatur in duplicata ratione temporis. Eſt enim motus iſte, dum Luna per-

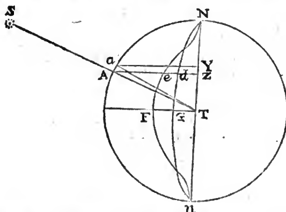
percurrit PM, (cæteris paribus) ut ML, & ML est in duplicata ratione temporis. Quare motus Nodorum in Syzygiis, eo tempore confectus quo Luna datas Orbis particulas percurrit, diminuitur in duplicata ratione numeri 11073 ad numerum 11023; estque decrementum ad motum reliquum ut 100 ad 10973, ad motum vero totum ut 100 ad 11073 quam proxime. Decrementum autem in locis inter Octantes & Syzygias, & incrementum in locis inter Octantes & Quadraturas, est quam proxime ad hoc decrementum, ut motus totus in locis illis ad motum totum in Syzygiis & differentia inter quadratum sinus distantiæ Lunæ a Quadratura & semissem quadrati Radii ad semissem quadrati Radii, conjunctim. Unde si Nodi in Quadraturis versentur, & capiantur loca duo æqualiter ab Octante hinc inde distantia, & alia duo a Syzygia & Quadratura iisdem intervallis distantia, deque decrementis motuum in locis duobus inter Syzygiam & Octantem, subducantur incrementa motuum in locis reliquis duobus, quæ sunt inter Octantem & Quadraturam; decrementum reliquum æquale erit decremento in Syzygia: uti rationem ineunti facile constabit. Proindeque decrementum mediocre, quod de Nodorum motu mediocri subduci debet, est pars quarta decrementi in Syzygia. Motus totus horarius Nodorum in Syzygiis (ubi Luna radio ad Terram ducto aream tempori proportionalem describere supponebatur) erat $32''. 42'''. 7^{iv}$. Et decrementum motus Nodorum, quo tempore Luna jam velocior describit idem spatium, diximus esse ad hunc motum ut 100 ad 11073; adeoque decrementum illud est $17'''. 43^{iv}. 11^{v}$, cujus pars quarta $4'''. 25^{iv}. 48^{v}$, motui horario mediocri superius invento $16''. 21'''. 3^{iv}. 30^{v}$. subducta, relinquit $16''. 16'''. 37^{iv}. 42^{v}$. motum mediocrem horarium correctum.

Si Nodi versantur extra Quadraturas, & spectentur loca bina a Syzygiis hinc inde æqualiter distantia; summa motuum Nodorum, ubi Luna versatur in his locis, erit ad summam motuum, ubi Luna in iisdem locis & Nodi in Quadraturis versantur, ut $AZ\,qu.$ ad $AT\,qu.$ Et decrementa motuum, a causis jam expositis oriunda, erunt ad invicem ut ipsi motus, adeoque motus reliqui erunt ad invicem ut $AZ\,qu.$ ad $AT\,qu.$ & motus mediocres ut motus reliqui. Est itaque motus mediocris horarius correctus, in dato quocunque Nodorum situ, ad $16''. 16'''. 37^{iv}. 42^{v}$. ut $AZ\,qu.$ ad $AT\,qu.$; id est, ut quadratum sinus distantiæ Nodorum a Syzygiis ad quadratum Radii.

PROPOSITIO XXXII. PROBLEMA XIII.

Invenire motum medium Nodorum Lunæ.

Motus medius annuus eſt ſumma motuum omnium horariorum mediocrium in anno. Concipe Nodum verſari in *N*, & ſingulis horis completis retrahi in locum ſuum priorem, ut non obſtante motu ſuo proprio, datum ſemper ſervet ſitum ad Stellas Fixas. Interea vero Solem *S*, per motum Terræ, progredi a Nodo, & curſum annuum apparentem uniformiter complere. Sit autem *Aa* arcus datus quam minimus, quem recta *TS* ad Solem ſemper ducta, interſectione ſui & circuli *NAn*, dato tempore quam minimo deſcribit: & motus horarius mediocris (per jam oſtenſa) erit ut *AZq*, id eſt (ob proportionales *AZ*, *ZY*) ut rectangulum ſub *AZ* & *ZY*, hoc eſt, ut area *AZYa*. Et ſumma omnium horariorum motuum mediocrium ab initio, ut ſumma omnium arearum *aYZA*, id eſt, ut area *NAZ*. Eſt autem maxima



AZYa æqualis rectangulo ſub arcu *Aa* & radio circuli; & propterea ſumma omnium rectangulorum in circulo toto ad ſummam totidem maximorum, ut area circuli totius ad rectangulum ſub circumferentia tota & radio; id eſt, ut 1 ad 2. Motus autem horarius, rectangulo maximo reſpondens, erat $16''. 16'''. 37^{iv}. 42^{v}$. Et hic motus, anno toto ſidereo dierum 365. *hor.* 6. *min.* 9. fit $39^{gr.} 38'. 7''. 50'''$. Ideoque hujus dimidium $19^{gr.} 49'. 3''. 55'''$. eſt motus

tus medius Nodorum circulo toti respondens. Et motus Nodorum, quo tempore Sol pergit ab N ad A, est ad $19^{gr.} 49'. 3''. 55'''$. ut area NAZ ad circulum totum. LIBER TERTIUS.

Hæc ita se habent, ex Hypothesi quod Nodus horis singulis in locum priorem retrahitur, sic ut Sol anno toto completo ad Nodum eundem redeat a quo sub initio digressus fuerat. Verum per motum Nodi fit ut Sol citius ad Nodum revertatur, & computanda jam est abbreviatio temporis. Cum Sol anno toto conficiat 360 gradus, & Nodus motu maximo eodem tempore conficeret $39^{gr.} 38'. 7''. 50'''$, seu 39,6355 gradus; & motus mediocris Nodi in loco quovis N sit ad ipsius motum mediocrem in Quadraturis suis, ut AZq ad ATq: erit motus Solis ad motum Nodi in N, ut $360 ATq$ ad $39,6355 AZq$; id est, ut $9,0827646 ATq$ ad AZq. Unde si circuli totius circumferentia NAn dividatur in particulas æquales Aa, tempus quo Sol percurrat particulam Aa, si circulus quiesceret, erit ad tempus quo percurrit eandem particulam, si circulus una cum Nodis circa centrum T revolvatur, reciproce ut $9,0827646 ATq$ ad $9,0827646 ATq + AZq$. Nam tempus est reciproce ut velocitas qua particula percurritur, & hæc velocitas est summa velocitatum Solis & Nodi. Igitur si tempus, quo Sol absque motu Nodi percurreret arcum NA, exponatur per Sectorem NTA, & particula temporis quo percurreret arcum quam minimum Aa, exponatur per Sectoris particulam ATa; & (perpendiculo aY in Nn demisso) si in AZ capiatur dZ, ejus longitudinis ut sit rectangulum dZ in ZY ad Sectoris particulam ATa ut AZq ad $9,0827646 ATq + AZq$, id est, ut sit dZ ad $\frac{1}{2} AZ$ ut ATq ad $9,0827646 ATq + AZq$; rectangulum dZ in ZY designabit decrementum temporis ex motu Nodi oriundum, tempore toto quo arcus Aa percurritur. Et si punctum d tangit Curvam $NdGn$, area curvilinea NdZ erit decrementum totum, quo tempore arcus totus NA percurritur; & propterea excessus Sectoris NAT supra aream NdZ erit tempus illud totum. Et quoniam motus Nodi tempore minore minor est in ratione temporis, debebit etiam area $AaYZ$ diminui in eadem ratione. Id quod fiet si capiatur in AZ longitudo eZ, quæ sit ad longitudinem AZ ut AZq ad $9,0827646 ATq + AZq$. Sic enim rectangulum eZ in ZY erit ad aream $AZYa$ ut decrementum temporis quo arcus Aa percurritur, ad tempus totum quo percurreretur si Nodus quiesceret: Et propterea rectangulum illud respondebit decremento motus Nodi. Et si punctum e tangat Curvam

Curvam $NeFn$, area tota NeZ, quæ summa est omnium decrementorum, respondebit decremento toti, quo tempore arcus AN percurritur; & area reliqua NAe respondebit motui reliquo, qui verus est Nodi motus quo tempore arcus totus NA, per Solis & Nodi conjunctos motus, percurritur. Jam vero area semicirculi est ad aream Figuræ $NeFnT$, per methodum Serierum infinitarum quæsitam, ut 793 ad 60 quamproxime. Motus autem qui respondet Circulo toti erat $19^{gr.}\ 49'.\ 3''.\ 55'''$; & propterea motus, qui Figuræ $NeFnT$ duplicatæ respondet, est $1^{gr.}\ 29'.\ 58''.\ 2'''$. Qui de motu priore subductus relinquit $18^{gr.}\ 19'.\ 5''.\ 53'''$. motum totum Nodi inter sui ipsius Conjunctiones cum Sole; & hic motus de Solis motu annuo graduum 360 subductus, relinquit $341^{gr.}\ 40'.\ 54''.\ 7'''$. motum Solis inter easdem Conjunctiones. Iste autem motus est ad motum annuum $360^{gr.}$ ut Nodi motus jam inventus $18^{gr.}\ 19'.\ 5''.\ 53'''$. ad ipsius motum annuum, qui propterea erit $19^{gr.}\ 18'.\ 1''.\ 23'''$. Hic est motus medius Nodorum in anno Sidereo. Idem per Tabulas Astronomicas est $19^{gr.}\ 21'.\ 21''.\ 50'''$. Differentia minor est parte trecentesima motus totius, & ab Orbis Lunaris Eccentricitate & Inclinatione ad planum Eclipticæ oriri videtur. Per Eccentricitatem Orbis motus Nodorum nimis acceleratur, & per ejus Inclinationem vicissim retardatur aliquantulum, & ad justam velocitatem reducitur.

PROPOSITIO XXXIII. PROBLEMA XIV.

Invenire motum verum Nodorum Lunæ.

In tempore quod est ut area $NTA-NdZ$, (*in Fig. præced.*) motus iste est ut area $NAeN$, & inde datur. Verum ob nimiam calculi difficultatem, præstat sequentem Problematis constructionem adhibere. Centro C, intervallo quovis CD, describatur circulus $BEFD$. Producatur DC ad A, ut sit AB ad AC ut motus medius ad semissem motus veri mediocris, ubi Nodi sunt in Quadraturis, (id est, ut $19^{gr.}\ 18'.\ 1''.\ 23'''$. ad $19^{gr.}\ 49'.\ 3''.\ 55'''$, atque adeo BC ad AC ut motuum differentia $0^{gr.}\ 31'.\ 2''.\ 32'''$, ad motum posteriorem $19'^{gr.}\ 49.\ 3''.\ 55'''$) hoc est, ut 1 ad $38\frac{3}{10}$ dein per punctum D ducatur infinita Gg, quæ tangat circulum in D; & si capiatur angulus BCE vel BCF æqualis duplæ distantiæ Solis a loco Nodi, per motum medium invento;

&

& agatur AE vel AF ſecans perpendiculum DG in G; & capiatur angulus qui ſit ad motum totum Nodi inter ipſius Syzygias (id eſt, ad $9^{gr.}\ 11'.\ 3''.$) ut tangens DG ad circuli BED circumferentiam totam; atque angulus iſte (pro quo angulus DAG uſurpari poteſt) ad motum medium Nodorum addatur ubi Nodi

tranſeunt a Quadraturis ad Syzygias, & ab eodem motu medio ſubducatur ubi tranſeunt a Syzygiis ad Quadraturas; habebitur eorum motus verus. Nam motus verus ſic inventus congruet quam proxime cum motu vero qui prodit exponendo tempus per aream $NTA - NdZ$, & motum Nodi per aream $NAeN$; ut rem perpendenti & computationes inſtituenti conſtabit. Hæc eſt æquatio annua motus Nodorum. Eſt & æquatio menſtrua, ſed quæ ad inventionem Latitudinis Lunæ minime neceſſaria eſt. Nam cum Variatio Inclinationis Orbis Lunaris ad planum Eclipticæ duplici inæqualitati obnoxia ſit, alteri annuæ, alteri autem menſtruæ; hujus menſtrua inæqualitas & æquatio menſtrua Nodorum ita ſe mutuo contemperant & corrigunt, ut ambæ in determinanda Latitudine Lunæ negligi poſſint.

Corol. Ex hac & præcedente Propoſitione liquet quod Nodi in Syzygiis ſuis quieſcunt, in Quadraturis autem regrediuntur motu horario $16''.\ 19'''.\ 26^{iv}.$ Et quod æquatio motus Nodorum in Octantibus ſit $1^{gr.}\ 30'$. Quæ omnia cum Phænomenis cœleſtibus probe quadrant.

PRO-

PROPOSITIO XXXIV. PROBLEMA XV.

Invenire Variationem horariam Inclinationis Orbis Lunaris ad planum Eclipticæ.

Designent *A* & *a* Syzygias; *Q* & *q* Quadraturas; *N* & *n* Nodos; *P* locum Lunæ in Orbe suo; *p* vestigium loci illius in plano Eclipticæ, & *mTl* motum momentaneum Nodorum ut supra. Et si ad lineam *Tm* demittatur perpendiculum *PG*, jungatur *pG*, & producatur ea donec occurrat *Tl* in *g*, & jungatur etiam *Pg*: erit angulus *PGp* Inclinatio orbis Lunaris ad planum Eclipticæ, ubi Luna versatur in *P*; & angulus *Pgp* Inclinatio ejusdem post momentum temporis completum; adeoque angulus *GPg* Variatio momentanea Inclinationis. Est autem hic angulus *GPg* ad angulum *GTg*, ut *TG* ad *PG* & *Pp* ad *PG* conjunctim. Et propterea si pro momento temporis substituatur hora; cum angulus *GTg* (per Proposit. xxx.) sit ad angulum 33″. 10‴. 33⁗. ut

IT×

$IT \times PG \times AZ$ ad $AT\,cub$, erit angulus GPg (seu Inclinationis horaria Variatio) ad angulum 33″. 10‴. 33^{iv}, ut $IT \times AZ \times TG \times \frac{Pp}{PG}$ ad $AT\,cub$. *Q.E.I.*

Hæc ita se habent ex Hypothesi quod Luna in Orbe Circulari uniformiter gyratur. Quod si Orbis ille Ellipticus sit, motus mediocris Nodorum minuetur in ratione axis minoris ad axem majorem; uti supra expositum est. Et in eadem ratione minuetur etiam Inclinationis Variatio.

Corol. 1. Si ad Nn erigatur perpendiculum TF, sitque pM motus horarius Lunæ in plano Eclipticæ; & perpendicula pK, Mk in QT demissa & utrinque producta occurrant TF in H & h: erit IT ad AT ut Kk ad Mp, & TG ad Hp ut TZ ad AT, ideoque $IT \times TG$ æquale $\frac{Kk \times Hp \times TZ}{Mp}$, hoc est, æquale areæ $HpMh$ ductæ in rationem $\frac{TZ}{Mp}$: & propterea Inclinationis Variatio horaria ad 33″. 10‴. 33^{iv}, ut $HpMh$ ducta in $AZ \times \frac{TZ}{Mp} \times \frac{Pp}{PG}$ ad $AT\,cub$.

Corol. 2. Ideoque si Terra & Nodi singulis horis completis retraherentur à locis suis novis, & in loca priora in instanti semper reducerentur, ut situs eorum, per mensem integrum periodicum, datus maneret; tota Inclinationis Variatio tempore mensis illius foret ad 33″. 10‴. 33^{iv}, ut aggregatum omnium arearum $HpMh$, in revolutione puncti p genitarum, & sub signis propriis $+$ & $-$ conjunctarum, ductum in $AZ \times TZ \times \frac{Pp}{PG}$ ad $Mp \times AT\,cub$. id est, ut circulus totus $QAqa$ ductus in $AZ \times TZ \times \frac{Pp}{PG}$ ad $Mp \times AT\,cub$. hoc est, ut circumferentia $QAqa$ ducta in $AZ \times TZ \times \frac{Pp}{PG}$ ad $2\,Mp \times AT\,quad$.

Corol. 3. Proinde in dato Nodorum situ, Variatio mediocris horaria, ex qua per mensem uniformiter continuata Variatio illa menstrua generari posset, est ad 33″. 10‴. 33^{iv}, ut $AZ \times TZ \times \frac{Pp}{PG}$ ad $2\,ATq$, sive ut $Pp \times \frac{AZ \times TZ}{\frac{1}{2}AT}$ ad $PG \times 4AT$, id

 est

est (cum Pp sit ad PG ut sinus Inclinationis prædictæ ad radium, & $\frac{AZ \times TZ}{\frac{1}{4}AT}$ sit ad $4AT$ ut sinus duplicati anguli ATn ad radium quadruplicatum) ut Inclinationis ejusdem sinus ductus in sinum duplicatæ distantiæ Nodorum a Sole, ad quadruplum quadratum radii.

Corol. 4. Quoniam Inclinationis horaria Variatio, ubi Nodi in Quadraturis versantur, est (per hanc Propositionem) ad angulum $33''. 10'''. 33^{iv}$ ut $IT \times AZ \times TG \times \frac{Pp}{PG}$ ad $AT\,cub.$ id est, ut $\frac{IT \times TG}{\frac{1}{2}AT} \times \frac{Pp}{PG}$ ad $2AT$; hoc est, ut sinus duplicatæ distantiæ Lunæ à Quadraturis ductus in $\frac{Pp}{PG}$ ad radium duplicatum: summa omnium Variationum horariarum, quo tempore Luna in hoc situ Nodorum transit à Quadratura ad Syzygiam, (id est, spatio horarum $177\frac{1}{6}$,) erit ad summam totidem angulorum $33''. 10'''. 33^{iv}$, seu $5878''$, ut summa omnium sinuum duplicatæ distantiæ Lunæ à Quadraturis ducta in $\frac{Pp}{PG}$ ad summam totidem diametrorum; hoc est, ut diameter ducta in $\frac{Pp}{PG}$ ad circumferentiam; id est, si Inclinatio sit $5^{gr.}\ 1'$, ut $7 \times \frac{874}{10000}$ ad 22, seu 278 ad 10000. Proindeque Variatio tota, ex summa omnium horariarum Variationum tempore prædicto conflata, est $163''$, seu $2'. 43''$.

PROPOSITIO XXXV. PROBLEMA XVI.

Dato tempore invenire Inclinationem Orbis Lunaris ad planum Eclipticæ.

Sit AD sinus Inclinationis maximæ, & AB sinus Inclinationis minimæ. Bisecetur BD in C, & centro C, intervallo BC, describatur Circulus BGD. In AC capiatur CE in ea ratione ad EB quam EB habet ad $2BA$: Et si dato tempore constituatur angulus AEG æqualis duplicatæ distantiæ Nodorum à Qua-

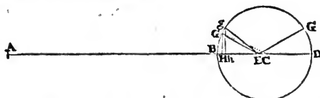
Quadraturis, & ad AD demittatur perpendiculum GH: erit AH ſinus Inclinationis quæſitæ.

Nam GEq æquale eſt $GHq + HEq = BHD + HEq = HBD + HEq - BHq = HBD + BEq - 2BH \times BE = BEq + 2EC \times BH = 2EC \times AB + 2EC \times BH = 2EC \times AH$. Ideoque cum $2EC$ detur, eſt GEq ut AH. Deſignet jam AEg duplicatam diſtantiam Nodorum à Quadraturis poſt datum aliquod momentum temporis completum, & arcus Gg, ob datum angulum GEg, erit ut diſtantia GE. Eſt autem Hh ad Gg ut GH ad GC, & propterea Hh eſt ut contentum $GH \times Gg$, ſeu $GH \times GE$; id eſt, ut $\frac{GH}{GE} \times GEq$ ſeu $\frac{GH}{GE} \times AH$, id eſt, ut AH & ſinus anguli AEG conjunctim. Igitur ſi AH in caſu aliquo ſit ſinus Inclinationis, augebitur ea iiſdem incrementis cum ſinu Inclinationis, per Corol. 3. Propoſitionis ſuperioris, & propterea ſinui illi æqualis ſemper manebit. Sed AH ubi punctum G incidit in punctum alterutrum B vel D huic ſinui æqualis eſt, & propterea eidem ſemper æqualis manet. *Q.E.D.*

In hac demonſtratione ſuppoſui angulum BEG, qui eſt duplicata diſtantia Nodorum à Quadraturis, uniformiter augeri. Nam omnes inæqualitatum minutias expendere non vacat. Concipe jam angulum BEG rectum eſſe, & in hoc caſu Gg eſſe augmentum horarium duplæ diſtantiæ Nodorum & Solis ab invicem; & Inclinationis Variatio horaria in eodem caſu (per Corol. 3. Prop. noviſſimæ) erit ad 33′. 10″. 33‴. ut contentum ſub Inclinationis ſinu AH & ſinu anguli recti BEG, qui eſt duplicata diſtantia Nodorum a Sole, ad quadruplum quadratum radii; id eſt, ut mediocris Inclinationis ſinus AH ad radium quadruplicatum; hoc eſt (cum Inclinatio illa mediocris ſit quaſi 5 gr. 8½′) ut ejus ſinus 896 ad radium quadruplicatum 40000, ſive ut 224 ad 10000. Eſt autem Variatio tota, ſinuum differentiæ BD reſpondens, ad Variationem illam horariam ut diameter BD ad

arcum Gg; id est, ut diameter BD ad semicircumferentiam BGD & tempus horarum $2079\frac{7}{10}$, quo Nodus pergit à Quadraturis ad Syzygias, ad horam unam conjunctim; hoc est, ut 7 ad 11 & $2079\frac{7}{10}$ ad 1. Quare si rationes omnes conjungantur, fiet Variatio tota BD ad 33″. 10‴. 33^{iv} ut $224 \times 7 \times 2079\frac{7}{10}$ ad 110000, id est, ut 29645 ad 1000, & inde Variatio illa BD prodibit 16′. 23″$\frac{1}{2}$.

Hæc est Inclinationis Variatio maxima quatenus locus Lunæ in Orbe suo non consideratur. Nam Inclinatio, si Nodi in Syzygiis versantur, nil mutatur ex vario situ Lunæ. At si Nodi in Quadraturis consistunt, Inclinatio minor est ubi Luna versatur in Syzygiis, quam ubi ea versatur in Quadraturis, excessu 2′. 43″; uti in Propositionis superioris Corollario quarto indicavimus. Et hujus excessus dimidio 1′. 21″$\frac{1}{2}$. Variatio tota mediocris BD in Quadraturis Lunaribus diminuta fit 15′. 2″, in ipsius autem Syzygiis aucta fit 17′. 45″. Si Luna igitur in Syzygiis constituatur, Variatio tota, in transitu Nodorum à Quadraturis ad Syzygias, erit 17′. 45″: adeoque si Inclinatio, ubi Nodi in Syzygiis versantur, sit 5$^{gr.}$ 17′. 20″; eadem, ubi Nodi sunt in Quadraturis, & Luna in Syzygiis, erit 4$^{gr.}$ 59′. 35″. Atque hæc ita se habere confirmatur ex Observationibus.



Si jam desideretur Orbis Inclinatio illa, ubi Luna in Syzygiis & Nodi ubivis versantur; fiat AB ad AD ut sinus graduum 4. 59′. 35″ ad sinum graduum 5. 17′. 20″, & capiatur angulus AEG æqualis duplicatæ distantiæ Nodorum à Quadraturis; & erit AH sinus Inclinationis quæsitæ. Huic Orbis Inclinationi æqualis est ejusdem Inclinatio, ubi Luna distat 90$^{gr.}$ à Nodis. In aliis Lunæ locis inæqualitas menstrua, quam Inclinationis variatio admittit, in calculo Latitudinis Lunæ compensatur & quodammodo tollitur per inæqualitatem menstruam motus Nodorum, (ut supra diximus) adeoque in calculo Latitudinis illius negligi potest.

Scho-

Scholium.

Hisce motuum Lunarium computationibus ostendere volui, quod motus Lunares, per Theoriam Gravitatis, a causis suis computari possint. Per eandem Theoriam inveni præterea quod Æquatio Annua medii motus Lunæ oriatur a varia dilatatione Orbis Lunæ per vim Solis, juxta Corol. 6. Prop. LXVI. Lib. I. Hæc vis in Perigæo Solis major est, & Orbem Lunæ dilatat; in Apogæo ejus minor est, & Orbem illum contrahi permittit. In Orbe dilatato Luna tardius revolvitur, in contracto citius; & Æquatio Annua per quam hæc inæqualitas compensatur, in Apogæo & Perigæo Solis nulla est, in mediocri Solis a Terra distantia ad $11'. 50''$ circiter ascendit, in aliis locis Æquationi centri Solis proportionalis est; & additur medio motui Lunæ ubi Terra pergit ab Aphelio suo ad Perihelium, & in opposita Orbis parte subducitur. Assumendo radium Orbis magni 1000 & Eccentricitatem Terræ $16\frac{7}{8}$, hæc Æquatio ubi maxima est, per Theoriam Gravitatis prodiit $11'. 49''$. Sed Eccentricitas Terræ paulo major esse videtur, & aucta Eccentricitate hæc Æquatio augeri debet in eadem ratione. Sit Eccentricitas $16\frac{11}{16}$, & Æquatio maxima erit $11'. 52''$.

Inveni etiam quod in Perihelio Terræ, propter majorem vim Solis, Apogæum & Nodi Lunæ velocius moventur quam in Aphelio ejus, idque in triplicata ratione distantiæ Terræ a Sole inverse. Et inde oriuntur Æquationes Annuæ horum motuum Æquationi centri Solis proportionales. Motus autem Solis est in duplicata ratione distantiæ Terræ a Sole inverse, & maxima centri Æquatio quam hæc inæqualitas generat, est $1^{gr.}\ 56'. 26''$ prædictæ Solis Eccentricitati $16\frac{11}{16}$ congruens. Quod si motus Solis esset in triplicata ratione distantiæ inverse, hæc inæqualitas generaret Æquationem maximam $2^{gr.}\ 56'. 9''$. Et propterea Æquationes maximæ quas inæqualitates motuum Apogæi & Nodorum Lunæ generant, sunt ad $2^{gr.}\ 56'. 9''$, ut motus medius diurnus Apogæi & motus medius diurnus Nodorum Lunæ sunt ad motum medium diurnum Solis. Unde prodit Æquatio maxima medii motus Apogæi $19'. 52''$: & Æquatio maxima medii motus Nodorum $9'. 27''$. Additur vero Æquatio prior & subducitur posterior, ubi Terra pergit a Perihelio suo ad Aphelium: & contrarium fit in opposita Orbis parte.

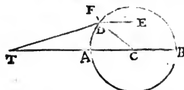
Per

Per Theoriam Gravitatis constitit etiam quod actio Solis in Lunam paulo major sit ubi transversa diameter Orbis Lunaris transit per Solem, quam ubi eadem ad rectos est angulos cum linea Terram & Solem jungente: & propterea Orbis Lunaris paulo major est in priore casu quam in posteriore. Et hinc oritur alia Æquatio motus medii Lunaris, pendens a situ Apogæi Lunæ ad Solem, quæ quidem maxima est cum Apogæum Lunæ versatur in Octante cum Sole; & nulla cum illud ad Quadraturas vel Syzygias pervenit: & motui medio additur in transitu Apogæi Lunæ a Solis Quadratura ad Syzygiam, & subducitur in transitu Apogæi a Syzygia ad Quadraturam. Hæc Æquatio quam Semestrem vocabo, in Octantibus Apogæi quando maxima est, ascendit ad 3′. 45″ circiter, quantum ex Phænomenis colligere potui. Hæc est ejus quantitas in mediocri Solis distantia a Terra. Augetur vero ac diminuitur in triplicata ratione distantiæ Solis inverse, adeoque in maxima Solis distantia est 3′. 34″, & in minima 3′. 56″ quamproxime: ubi vero Apogæum Lunæ situm est extra Octantes, evadit minor; estque ad Æquationem maximam, ut sinus duplæ distantiæ Apogæi Lunæ a proxima Syzygia vel Quadratura ad radium.

Per eandem Gravitatis Theoriam actio Solis in Lunam paulo major est ubi linea recta per Nodos Lunæ ducta transit per Solem, quam ubi linea ad rectos est angulos cum recta Solem ac Terram jungente. Et inde oritur alia medii motus Lunaris Æquatio, quam Semestrem secundam vocabo, quæque maxima est ubi Nodi in Solis Octantibus versantur, & evanescit ubi sunt in Syzygiis vel Quadraturis, & in aliis Nodorum positionibus proportionalis est sinui duplæ distantiæ Nodi alterutrius a proxima Syzygia aut Quadratura: additur vero medio motui Lunæ dum Nodi transeunt a Solis Quadraturis ad proximas Syzygias, & subducitur in eorum transitu a Syzygiis ad Quadraturas; & in Octantibus ubi maxima est, ascendit ad 47″ in mediocri Solis distantia a Terra, uti ex Theoria Gravitatis colligo. In aliis Solis distantiis hæc Æquatio, in Octantibus Nodorum, est reciproce ut cubus distantiæ Solis a Terra, ideoque in Perigæo Solis ad 45″, in Apogæo ejus ad 49″ circiter ascendit.

Per eandem Gravitatis Theoriam Apogæum Lunæ progreditur quam maxime ubi vel cum Sole conjungitur vel eidem opponitur, & regreditur ubi cum Sole Quadraturam facit. Et Eccentricitas fit maxima in priore casu & minima in posteriore, per Corol. 7, 8 & 9.

7, 8 & 9. Prop. LXVI. Lib. I. Et hæ inæqualitates per eadem Corollaria permagnæ sunt, & Æquationem principalem Apogæi generant, quam Semestrem vocabo. Et Æquatio maxima Semestris est 12 gr. 18′ circiter, quantum ex Observationibus colligere potui. *Horroxius* noster Lunam in Ellipsi circum Terram, in ejus umbilico inferiore constitutam, revolvi primus statuit. *Halleius* centrum Ellipseos in Epicyclo locavit, cujus centrum uniformiter revolvitur circum Terram. Et ex motu in Epicyclo oriuntur inæqualitates jam dictæ in progressu & regressu Apogæi & quantitate Eccentricitatis. Dividi intelligatur distantia mediocris Lunæ a Terra in partes 100000, & referat *T* Terram & *TC* Eccentricitatem mediocrem Lunæ partium 5505. Producatur *TC* ad *B*, ut sit *CB* sinus Æquationis maximæ Semestris 12 gr. 18′ ad radium *TC*, & circulus *BDA* centro *C* intervallo *CB* descriptus, erit Epicyclus ille in quo centrum Orbis Lunaris locatur & secundum ordinem literarum *BDA* revolvitur. Capiatur angulus *BCD* æqualis duplo argumento annuo, seu duplæ distantiæ veri loci Solis ab Apogæo Lunæ semel æquato, & erit *CFD* Æquatio



Semestris Apogæi Lunæ & *TD* Eccentricitas Orbis ejus in Apogæum secundo æquatum tendens. Habitis autem Lunæ motu medio & Apogæo & Eccentricitate, ut & Orbis axe majore partium 200000; ex his eruetur verus Lunæ locus in Orbe & distantia ejus a Terra, idque per Methodos notissimas.

In Perihelio Terræ, propter majorem vim Solis, centrum Orbis Lunæ velocius movetur circum centrum *C* quam in Aphelio, idque in triplicata ratione distantiæ Terræ a Sole inverse. Ob Æquationem centri Solis in Argumento annuo comprehensam, centrum Orbis Lunæ velocius movetur in Epicyclo *BDA* in duplicata ratione distantiæ Terræ a Sole inverse. Ut idem adhuc velocius moveatur in ratione simplici distantiæ inverse; ab Orbis centro *D* agatur recta *DE* versus Apogæum Lunæ, seu rectæ *TC* parallela, & capiatur angulus *EDF* æqualis excessui Argumenti

menti annui prædicti supra distantiam Apogæi Lunæ a Perigæo Solis in consequentia; vel quod perinde est, capiatur angulus *CDF* æqualis complemento Anomaliæ veræ Solis ad gradus 360. Et sit *DF* ad *DC* ut dupla Eccentricitas Orbis magni ad distantiam mediocrem Solis a Terra, & motus medius diurnus Solis ab Apogæo Lunæ ad motum medium diurnum Solis ab Apogæo proprio conjunctim, id est, ut $33\frac{7}{8}$ ad 1000 & $52'. 27''. 16'''$ ad $59'. 8''. 10'''$ conjunctim, sive ut 3 ad 100. Et concipe centrum Orbis Lunæ locari in puncto *F*, & in Epicyclo cujus centrum est *D* & radius *DF* interea revolvi dum punctum *D* progreditur in circumferentia circuli *DABD*. Hac enim ratione velocitas qua centrum Orbis Lunæ in linea quadam curva circum centrum *C* descripta movebitur, erit reciproce ut cubus distantiæ Solis a Terra quamproxime, ut oportet.

Computatio motus hujus difficilis est, sed facilior reddetur per approximationem sequentem. Si distantia mediocris Lunæ a Terra sit partium 100000, & Eccentricitas *TC* sit partium 5505 ut supra: recta *CB* vel *CD* invenietur partium $1172\frac{3}{4}$, & recta *DF* partium $35\frac{1}{5}$. Et hæc recta ad distantiam *TC* subtendit angulum ad Terram quem translatio centri Orbis a loco *D* ad locum *F* generat in motu centri hujus: & eadem recta duplicata in situ parallelo ad distantiam superioris umbilici Orbis Lunæ a Terra, subtendit eundem angulum, quem utique translatio illa generat in motu umbilici, & ad distantiam Lunæ a Terra subtendit angulum quem eadem translatio generat in motu Lunæ, quique propterea Æquatio centri Secunda dici potest. Et hæc Æquatio in mediocri Lunæ distantia a Terra, est ut sinus anguli quem recta illa *DF* cum recta a puncto *F* ad Lunam ducta continet quamproxime, & ubi maxima est evadit $2'. 25''$. Angulus autem quem recta *DF* & recta a puncto *F* ad Lunam ducta comprehendunt, invenitur vel subducendo angulum *EDF* ab Anomalia media Lunæ, vel addendo distantiam Lunæ a Sole ad distantiam Apogæi Lunæ ab Apogæo Solis

Solis. Et ut radius est ad sinum anguli sic inventi, ita 2'. 25" sunt ad Æquationem centri Secundam, addendam si summa illa sit minor semicirculo, subducendam si major. Sic habebitur ejus Longitudo in ipsis Luminarium Syzygiis.

Si computatio accuratior desideretur, corrigendus est locus Lunæ in Orbe ut supra inventus per Variationem duplicem. De Variatione Prima & principali diximus supra, hæc maxima est in Octantibus Lunæ. Variatio altera maxima est in Quadrantibus, & oritur a varia Solis actione in Orbem Lunæ pro varia positione Apogæi Lunæ ad Solem, computatur vero in hunc modum. Ut radius ad sinum versum distantiæ Apogæi Lunæ a Perigæo Solis in consequentia, ita angulus quidam P ad quartum proportionalem. Et ut radius ad sinum distantiæ Lunæ a Sole, ita summa hujus quarti proportionalis & anguli cujusdam alterius Q ad Variationem Secundam, subducendam si Lunæ lumen augetur, addendam si diminuitur. Sic habebitur locus verus Lunæ in Orbe, & per Reductionem loci hujus ad Eclipticam habebitur Longitudo Lunæ. Anguli vero P & Q ex Observationibus determinandi sunt. Et interea si pro angulo P usurpentur 2', & pro angulo Q 1', non multum errabitur.

Cum Atmosphæra Terræ ad usque altitudinem milliarium 35 vel 40 refringat lucem Solis, & refringendo spargat eandem in Umbram Terræ, & spargendo lucem in confinio Umbræ dilatat Umbram: ad diametrum Umbræ quæ per Parallaxim prodit, addo minutum unum primum in Eclipsibus Lunæ, vel minutum unum cum triente.

Theoria vero Lunæ primo in Syzygiis, deinde in Quadraturis, & ultimo in Octantibus per Phænomena examinari & stabiliri debet. Et opus hocce aggressurus motus medios Solis & Lunæ ad tempus meridianum in Observatorio Regio *Grenovicensi*, die ultimo mensis *Decembris* anni 1700. st. vet. non incommode sequentes adhibebit: nempe motum medium Solis ♑ 20gr. 43'. 40", & Apogæi ejus ♋ 7gr. 44'. 30", & motum medium Lunæ ♒ 15gr. 20'. 00", & Apogæi ejus ♓ 8gr. 20'. 00", & Nodi ascendentis ♌ 27gr. 24'. 20"; & differentiam meridianorum Observatorii hujus & Observatorii Regii *Parisiensis* 0hor. 9min. 20sec.

PROPOSITIO XXXVI. PROBLEMA XVII.

Invenire vim Solis ad Mare movendum.

Solis vis *ML* seu *PT*, in Quadraturis Lunaribus, ad perturbandos motus Lunares, erat (per Prop. xxv. hujus) ad vim gravitatis apud nos, ut 1 ad 638092,6. Et vis *TM*−*LM* seu 2*PK* in Syzygiis Lunaribus, est duplo major. Hæ autem vires, si descendatur ad superficiem Terræ, diminuuntur in ratione distantiarum a centro Terræ, id est, in ratione $60\frac{1}{2}$ ad 1; adeoque vis prior in superficie Terræ, est ad vim gravitatis, ut 1 ad 38604600. Hac vi Mare deprimitur in locis quæ 90 gradibus distant

a Sole. Vi altera quæ duplo major est, Mare elevatur & sub Sole & in regione Soli opposita. Summa virium est ad vim gravitatis ut 1 ad 12868200. Et quoniam vis eadem eundem ciet motum, sive ea deprimat Aquam in regionibus quæ 90 gradibus distant à Sole, sive elevet eandem in regionibus sub Sole & Soli oppositis, hæc summa erit tota Solis vis ad Mare agitandum; & eundem habebit effectum ac si tota in regionibus sub Sole & Soli oppositis Mare elevaret, in regionibus autem quæ 90 gradibus distant a Sole nil ageret.

Hæc est vis Solis ad Mare ciendum in loco quovis dato, ubi Sol tam in vertice loci versatur quam in mediocri sua distantia a Terra. In aliis Solis positionibus vis ad Mare attollendum, est ut sinus versus duplæ altitudinis Solis supra horizontem loci directe & cubus distantiæ Solis a Terra inverse.

Corol. Cum vis centrifuga partium Terræ à diurno Terræ motu oriunda, quæ est ad vim gravitatis ut 1 ad 289, efficiat ut altitudo

tudo Aquæ sub Æquatore superet ejus altitudinem sub Polis mensura pedum Parisiensium 85820; vis Solaris de qua egimus, cum sit ad vim gravitatis ut 1 ad 12868200, atque adeo ad vim illam centrifugam ut 289 ad 12868200 seu 1 ad 44527, efficiet ut altitudo Aquæ in regionibus sub Sole & Soli oppositis, superet altitudinem ejus in locis quæ 90 gradibus distant a Sole, mensura tantum pedis unius Parisiensis & digitorum undecim cum octava parte digiti. Est enim hæc mensura ad mensuram pedum 85820 ut 1 ad 44527.

PROPOSITIO XXXVII. PROBLEMA XVIII.

Invenire vim Lunæ ad Mare movendum.

Vis Lunæ ad Mare movendum colligenda est ex ejus proportione ad vim Solis, & hæc proportio colligenda est ex proportione motuum Maris, qui ab his viribus oriuntur. Ante ostium fluvii *Avonæ* ad lapidem tertium infra *Bristoliam*, tempore verno & autumnali totus Aquæ ascensus in Conjunctione & Oppositione Luminarium (observante *Samuele Sturmio*) est pedum plus minus 45, in Quadraturis autem est pedum tantum 25. Altitudo prior ex summa virium, posterior ex earundem differentia oritur. Solis igitur & Lunæ in Æquatore versantium & mediocriter a Terra distantium sunto vires S & L, & erit $L+S$ ad $L-S$ ut 45 ad 25, seu 9 ad 5.

In portu *Plymuthi* Æstus maris (ex observatione *Samuelis Colepressi*) ad pedes plus minus sexdecim altitudine mediocri attollitur, ac tempore verno & autumnali altitudo Æstus in Syzygiis superare potest altitudinem ejus in Quadraturis, pedibus plus septem vel octo. Si maxima harum altitudinum differentia sit pedum novem, erit $L+S$ ad $L-S$ ut $20\frac{1}{2}$ ad $11\frac{1}{2}$ seu 41 ad 23. Quæ proportio satis congruit cum priore. Ob magnitudinem Æstus in portu *Bistoliæ*, observationibus *Sturmii* magis fidendum esse videtur, ideoque donec aliquid certius constiterit, proportionem 9 ad 5 usurpabimus.

Cæterum ob aquarum reciprocos motus, Æstus maximi non incidunt in ipsas Luminarium Syzygias, sed sunt tertii a Syzygiis ut dictum fuit, seu proxime sequuntur tertium Lunæ post Syzygias appulsum ad meridianum loci, vel potius (ut a *Sturmio* notatur) sunt tertii post diem novilunii vel plenilunii, seu post ho-

ram

ram a novilunio vel plenilunio plus minus duodecimam, adeoque incidunt in horam a novilunio vel plenilunio plus minus quadragesimam tertiam. Incidunt vero in hoc portu in horam septimam circiter ab appulsu Lunæ ad meridianum loci; ideoque proxime sequuntur appulsum Lunæ ad meridianum, ubi Luna distat a Sole vel ab oppositione Solis gradibus plus minus octodecim vel novendecim in consequentia. Æstas & Hyems maxime vigent, non in ipsis Solstitiis, sed ubi Sol distat a Solstitiis decima circiter parte totius circuitus, seu gradibus plus minus 36 vel 37. Et similiter maximus Æstus maris oritur ab appulsu Lunæ ad meridianum loci, ubi Luna distat a Sole decima circiter parte motus totius ab Æstu ad Æstum. Sit distantia illa graduum plus minus $18\frac{1}{2}$. Et vis Solis in hac distantia Lunæ a Syzygiis & Quadraturis, minor erit ad augendum & ad minuendum motum maris a vi Lunæ oriundum, quam in ipsis Syzygiis & Quadraturis, in ratione radii ad sinum complementi distantiæ hujus duplicatæ seu anguli graduum 37, hoc est, in ratione 10000000 ad 7986355. Ideoque in analogia superiore pro S scribi debet 0,7986355 S.

Sed & vis Lunæ in Quadraturis, ob declinationem Lunæ ab Æquatore, diminui debet. Nam Luna in Quadraturis, vel potius in gradu $18\frac{1}{2}$ post Quadraturas, in declinatione graduum plus minus 22. 13′ versatur. Et Luminaris ab Æquatore declinantis vis ad Mare movendum diminuitur in duplicata ratione sinus complementi declinationis quamproxime. Et propterea vis Lunæ in his Quadraturis est tantum 0,8570327 L. Est igitur $L + 0,7986355\,S$ ad $0,8570327\,L - 0,7986355\,S$ ut 9 ad 5.

Præterea diametri Orbis in quo Luna absque Eccentricitate moveri deberet, sunt ad invicem ut 69 ad 70; ideoque distantia Lunæ a Terra in Syzygiis est ad distantiam ejus in Quadraturis, ut 69 ad 70, cæteris paribus. Et distantiæ ejus in gradu $18\frac{1}{2}$ a Syzygiis ubi Æstus maximus generatur, & in gradu $18\frac{1}{2}$ a Quadraturis ubi Æstus minimus generatur, sunt ad mediocrem ejus distantiam, ut 69,098747 & 69,897345 ad $69\frac{1}{2}$. Vires autem Lunæ ad Mare movendum sunt in triplicata ratione distantiarum inverse, ideoque vires in maxima & minima harum distantiarum sunt ad vim in mediocri distantia, ut 0,9830427 & 1,017522 ad 1. Unde fit $1,017522\,L + 0,7986355\,S$ ad $0,9830427 \times 0,8570327\,L - 0,7986355\,S$ ut 9 ad 5. Et S ad L ut 1 ad 4,4815. Itaque cum vis Solis sit ad vim gravitatis ut 1 ad 12868200, vis Lunæ erit ad vim gravitatis ut 1 ad 2871400.

Corol.

Corol. 1. Cum Aqua vi Solis agitata ascendat ad altitudinem pedis unius & undecim digitorum cum octava parte digiti, eadem vi Lunæ ascendet ad altitudinem octo pedum & digitorum octo, & vi utraque ad altitudinem pedum decem cum semisse, & ubi Luna est in Perigæo ad altitudinem pedum duodecim cum semisse & ultra, præsertim ubi Æstus ventis spirantibus adjuvatur. Tanta autem vis ad omnes Maris motus excitandos abunde sufficit, & quantitati motuum probe respondet. Nam in maribus quæ ab Oriente in Occidentem late patent, uti in Mari *Pacifico*, & Maris *Atlantici* & *Æthiopici* partibus extra Tropicos, aqua attolli solet ad altitudinem pedum sex, novem, duodecim vel quindecim. In Mari autem *Pacifico*, quod profundius est & latius patet, Æstus dicuntur esse majores quam in *Atlantico* & *Æthiopico*. Etenim ut plenus sit Æstus, latitudo Maris ab Oriente in Occidentem non minor esse debet quàm graduum nonaginta. In Mari *Æthiopico*, ascensus aquæ intra Tropicos minor est quam in Zonis temperatis, propter angustiam Maris inter *Africam* & Australem partem *Americæ*. In medio Mari aqua nequit ascendere, nisi ad littus utrumque & orientale & occidentale simul descendat: cum tamen vicibus alternis ad littora illa in Maribus nostris angustis descendere debeat. Ea de causa fluxus & refluxus in Insulis, quæ à littoribus longissime absunt, perexiguus esset solet. In Portubus quibusdam, ubi aqua cum impetu magno per loca vadosa, ad Sinus alternis vicibus implendos & evacuandos, influere & effluere cogitur, fluxus & refluxus debent esse solito majores, uti ad *Plymuthum* & pontem *Chepstowæ* in *Anglia*; ad montes S. *Michaelis* & urbem *Abrincatuorum* (vulgo *Auranches*) in *Normania*, ad *Cambaiam* & *Pegu* in *India* orientali. His in locis mare, magna cum velocitate accedendo & recedendo, littora nunc inundat nunc arida relinquit ad multa milliaria. Neque impetus influendi & remeandi prius frangi potest, quam aqua attollitur vel deprimitur ad pedes 30, 40, vel 50 & amplius. Et par est ratio fretorum oblongorum & vadosorum, uti *Magellanici* & ejus quo *Anglia* circundatur. Æstus in hujusmodi portubus & fretis, per impetum cursus & recursus supra modum augetur. Ad littora vero quæ descensu præcipiti ad mare profundum & apertum spectant, ubi aqua sine impetu effluendi & remeandi attolli & subsidere potest, magnitudo Æstus respondet viribus Solis & Lunæ.

Corol.

De Mundi Systemate *Corol.* 2. Cum vis Lunæ ad Mare movendum, sit ad vim gravitatis ut 1 ad 2871400, perspicuum est quod vis illa sit longe minor quam quæ vel in experimentis Pendulorum, vel in Staticis aut Hydrostaticis quibuscunque sentiri possit. In Æstu solo marino hæc vis sensibilem edit effectum.

Corol. 3. Quoniam vis Lunæ ad Mare movendum, est ad Solis vim consimilem ut 4,4815 ad 1, & vires illæ (per Corol. 14. Prop. LXVI. Lib. I.) sunt ut densitates corporum Lunæ & Solis & cubi diametrorum apparentium conjunctim; densitas Lunæ erit ad densitatem Solis, ut 4,4815 ad 1 directe & cubus diametri Lunæ ad cubum diametri Solis inverse: id est (cum diametri mediocres apparentes Lunæ & Solis sint 31'. 16½" & 32'. 12") ut 4891 ad 1000. Densitas autem Solis erat ad densitatem Terræ, ut 100 ad 396; & propterea densitas Lunæ est ad densitatem Terræ, ut 4891 ad 3960 seu 21 ad 17. Est igitur corpus Lunæ densius & magis terrestre quam Terra nostra.

Corol. 4. Et cum vera diameter Lunæ (ex Observationibus Astronomicis) sit ad veram diametrum Terræ, ut 100 ad 365; erit massa Lunæ ad massam Terræ, ut 1 ad 39,371.

Corol. 5. Et gravitas acceleratrix in superficie Lunæ, erit quasi triplo minor quam gravitas acceleratrix in superficie Terræ.

Corol. 6. Et distantia centri Lunæ a centro Terræ, erit ad distantiam centri Lunæ a communi gravitatis centro Terræ & Lunæ, ut 40,371 ad 39,371.

Corol. 7. Et mediocris distantia centri Lunæ a centro Terræ, erit semidiametrorum maximarum Terræ 60¾ quamproxime. Nam semidiameter maxima Terræ fuit pedum Parisiensium 19767630, & mediocris distantia centrorum Terræ & Lunæ ex hujusmodi semidiametris 60¾ constans, æqualis est pedibus 1190999707. Et hæc distantia (per Corollarium superius) est ad distantiam centri Lunæ a communi gravitatis centro Terræ & Lunæ, ut 40,371 ad 39,371, quæ proinde est pedum 1161498340. Et cum Luna revolvatur respectu Fixarum, diebus 27, horis 7 & minutis primis 43$\frac{4}{9}$; sinus versus anguli quem Luna, tempore minuti unius primi motu suo medio, circa commune gravitatis centrum Terræ & Lunæ describit, est 1275235, existente radio 100,000000,000000. Et ut radius est ad hunc sinum versum, ita sunt pedes 1161498340 ad pedes 14,811833. Luna igitur vi illa qua retinetur in Orbe, cadendo in Terram, tempore minuti unius primi describet pedes 14,811833. Et si hæc vis augeatur in ratione 177$\frac{29}{40}$ ad 178$\frac{29}{40}$, habebitur

bebitur vis tota gravitatis in Orbe Lunæ, per Corol. Prop. III. Et hac vi Luna cadendo, tempore minuti unius primi describere deberet pedes 14,89517. Et ad sexagesimam partem hujus distantiæ, id est, ad distantiam pedum 19849995 a centro Terræ, corpus grave cadendo, tempore minuti unius secundi describere deberet etiam pedes 14,89517. Diminuatur hæc distantia in subduplicata ratione pedum 14,89517 ad pedes 15,12028, & habebitur distantia pedum 19701678 a qua grave cadendo, eodem tempore minuti unius secundi describet pedes 15,12028, id est, pedes 15, dig. 1, lin. 5,32. Et hac vi gravia cadunt in superficie Terræ, in Latitudine urbis *Lutetiæ Parisiorum*, ut supra ostensum est. Est autem distantia pedum 19701678 paulo minor quam semidiameter globi huic Terræ æqualis, & paulo major quam Terræ hujus semidiameter mediocris, ut oportet. Sed differentiæ sunt insensibiles. Et propterea vis qua Luna retinetur in Orbe suo, ad distantiam maximarum Terræ semidiametrorum $60\frac{1}{4}$, ea est quam vis Gravitatis in superficie Terræ requirit.

Corol. 8. Distantia mediocris centrorum Terræ & Lunæ, est mediocrium Terræ semidiametrorum $60\frac{1}{2}$ quamproxime. Nam semidiameter mediocris, quæ erat pedum 19688725, est ad semidiametrum maximam pedum 19767630, ut $60\frac{1}{4}$ ad $60\frac{1}{2}$ quamproxime.

In his computationibus Attractionem magneticam Terræ non consideravimus, cujus utique quantitas perparva est & ignoratur. Siquando vero hæc Attractio investigari poterit, & mensuræ graduum in Meridiano, ac longitudines Pendulorum isochronorum in diversis parallelis, legesque motuum Maris, & parallaxis Lunæ cum diametris apparentibus Solis & Lunæ ex Phænomenis accuratius determinatæ fuerint: licebit calculum hunc omnem accuratius repetere.

PROPOSITIO XXXVIII. PROBLEMA XIX.

Invenire Figuram corporis Lunæ.

Si corpus Lunare fluidum esset ad instar Maris nostri, vis Terræ ad fluidum illud in partibus & citimis & ultimis elevandum, esset ad vim Lunæ, qua Mare nostrum in partibus & sub Luna & Lunæ oppositis attollitur, ut gravitas acceleratrix Lunæ in Terram ad gravitatem acceleratricem Terræ in Lunam & diameter Lunæ ad diame-

diametrum Terræ conjunctim; id est, ut 39,371 ad 1 & 100 ad 355 conjunctim, seu 1079 ad 100. Unde cum Mare nostrum vi Lunæ attollatur ad pedes $8\frac{1}{3}$, fluidum Lunare vi Terræ attolli deberet ad pedes $93\frac{1}{4}$. Eaque de causa Figura Lunæ Sphærois esset, cujus maxima diameter producta transiret per centrum Terræ, & superaret diametros perpendiculares excessu pedum 187. Talem igitur Figuram Luna affectat, eamque sub initio induere debuit. *Q. E. I.*

Corol. Inde vero fit ut eadem semper Lunæ facies in Terram obvertatur. In alio enim situ corpus Lunare quiescere non potest, sed ad hunc situm oscillando semper redibit. Attamen oscillationes, ob parvitatem virium agitantium, essent longè tardissimæ: adeo ut facies illa, quæ Terram semper respicere deberet, possit alterum orbis Lunaris umbilicum, ob rationem in Prop. XVII. allatam respicere, neque statim abinde retrahi & in Terram converti.

LEMMA I.

Si APEp *Terram designet uniformiter densam, centroque* C *& Polis* P, p *& Æquatore* AE *delineatam; & si centro* C *radio* CP *describi intelligatur Sphæra* Pape; *sit autem* QR *planum, cui recta a centro Solis ad centrum Terræ ducta normaliter insistit; & Terræ totius exterioris* PapAPepE, *quæ Sphæra modo descripta altior est, particulæ singulæ conentur recedere hinc inde a plano* QR, *sitque conatus particulæ cujusque ut ejusdem distantia a plano: Dico primo, quod tota particularum omnium, in Æquatoris circulo* AE, *extra globum uniformiter per totum circuitum in morem annuli dispositarum, vis & efficacia ad Terram circum centrum ejus rotandam, sit ad totam particularum totidem in Æquatoris puncto* A, *quod a plano* QR *maxime distat, consistentium vim & efficaciam, ad Terram consimili motu circulari circum centrum ejus movendam, ut unum ad duo. Et motus iste circularis circum axem, in communi sectione Æquatoris & plani* QR *jacentem, peragetur.*

Nam centro *C* diametro *BD* describatur semicirculus *BAFDC*. Dividi intelligatur semicircumferentia *BAD* in partes

partes innumeras æquales, & a partibus singulis F ad diametrum BD demittantur sinus FY. Et summa quadratorum ex sinibus omnibus FY æqualis erit summæ quadratorum ex sinibus omnibus CY, & summa utraque æqualis erit summæ quadratorum ex totidem semidiametris CF; adeoque summa quadratorum ex omnibus FY, erit duplo minor quam summa quadratorum ex totidem semidiametris CF.

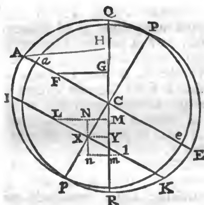
Jam dividatur perimeter circuli AE in particulas totidem æquales, & ab earum unaquaque F ad planum QR demittatur perpendiculum FG, ut & a puncto A perpendiculum AH. Et vis qua particula F recedit a plano QR, erit ut perpendiculum illud FG per hypothesin, & hæc vis ducta in distantiam CG, erit efficacia particulæ F ad Terram circum centrum ejus convertendam. Adeoque efficacia particulæ in loco F, erit ad efficaciam particulæ in loco A, ut $FG \times GC$ ad $AH \times HC$, hoc est, ut FCq ad ACq; & propterea efficacia tota particularum omnium in locis suis F, erit ad efficaciam particularum totidem in loco A, ut summa omnium FCq ad summam totidem ACq, hoc est, (per jam demonstrata) ut unum ad duo. *Q.E.D.*

Et quoniam particulæ agunt recedendo perpendiculariter a plano QR, idque æqualiter ab utraque parte hujus plani: eædem convertent circumferentiam circuli Æquatoris, eique inhærentem Terram, circum axem tam in plano illo QR quam in plano Æquatoris jacentem.

LEMMA II.

Iisdem positis: Dico secundo quod vis & efficacia tota particularum omnium extra globum undique sitarum, ad Terram circum axem eundem rotandam, sit ad vim totam particularum totidem, in Æquatoris circulo AE, *uniformiter per totum circuitum in morem annuli dispositarum, ad Terram consimili motu circulari movendam, ut duo ad quinque.*

Sit enim IK circulus quilibet minor Æquatori AE parallelus, sintque L, l particulæ duæ quævis æquales in hoc circulo extra globum $Pape$ sitæ. Et si in planum QR, quod radio in Solem ducto perpendiculare est, demittantur perpendicula LM, lm: vires totæ quibus particulæ illæ fugiunt planum QR, proportionales erunt perpendiculis illis LM, lm. Sit autem recta Ll plano $Pape$ parallela & bisecetur eadem in X, & per punctum X agatur Nn, quæ parallela sit plano QR & perpendi-



culis LM, lm occurrat in N ac n, & in planum QR demittatur perpendiculum XY. Et particularum L & l vires contrariæ, ad Terram in contrarias partes rotandam, sunt ut $LM \times MC$ & $lm \times mC$, hoc est, ut $LN \times MC + NM \times MC$ & $ln \times mC - nm \times mC$, seu $LN \times MC + NM \times MC$ & $LN \times mC$ $- NM$

$-NM \times mC$: & harum differentia $LN \times Mm - NM \times \overline{MC + mC}$, est vis particularum ambarum simul sumptarum ad Terram rotandam. Hujus differentiæ pars affirmativa $LN \times Mm$ seu $2 LN \times NX$, est ad particularum duarum ejusdem magnitudinis in A consistentium vim $2 AH \times HC$, ut LXq ad ACq. Et pars negativa $NM \times \overline{MC + mC}$ seu $2 XY \times CY$, ad particularum earundem in A consistentium vim $2 AH \times HC$, ut CXq ad ACq. Ac proinde partium differentia, id est, particularum duarum L & l simul sumptarum vis ad Terram rotandam, est ad vim particularum duarum iisdem æqualium & in loco A consistentium, ad Terram itidem rotandam, ut $LXq - CXq$ ad ACq. Sed si circuli IK circumferentia IK dividatur in particulas innumeras æquales L, erunt omnes LXq ad totidem IXq ut 1 ad 2, (per Lem. I.) atque ad totidem ACq, ut IXq ad $2 ACq$; & totidem CXq ad totidem ACq ut $2 CXq$ ad $2 ACq$. Quare vires conjunctæ particularum omnium in circuitu circuli IK, sunt ad vires conjunctas particularum totidem in loco A, ut $IXq - 2 CXq$ ad $2 ACq$: & propterea (per Lem. I.) ad vires conjunctas particularum totidem in circuitu circuli AE, ut $IXq - 2 CXq$ ad ACq.

Jam vero si Sphæræ diameter Pp dividatur in partes innumeras æquales, quibus insistant circuli totidem IK; materia in perimetro circuli cujusque IK erit ut IXq: ideoque vis materiæ illius ad Terram rotandam, erit ut IXq in $IXq - 2 CXq$. Et vis materiæ ejusdem, si in circuli AE perimetro consisteret, esset ut IXq in ACq. Et propterea vis particularum omnium materiæ totius, extra globum in perimetris circulorum omnium consistentis, est ad vim particularum totidem in perimetro circuli maximi AE consistentis, ut omnia IXq in $IXq - 2 CXq$ ad totidem IXq in ACq, hoc est, ut omnia $ACq - CXq$ in $ACq - 3 CXq$ ad totidem $ACq - CXq$ in ACq, id est, ut omnia $ACqq - 4 ACq \times CXq + 3 CXqq$ ad totidem $ACqq - ACq \times CXq$, hoc est, ut tota quantitas fluens cujus fluxio est $ACqq - 4 ACq \times CXq + 3 CXqq$, ad totam quantitatem fluentem cujus fluxio est $ACqq - ACq \times CXq$; ac proinde per Methodum Fluxionum, ut $ACqq \times CX - \frac{4}{3} ACq \times CX cub + \frac{3}{5} CXqc$ ad $ACqq \times CX - \frac{1}{3} ACq \times CX cub$, id est, si pro CX scribatur tota Cp vel AC, ut $\frac{4}{15} ACqc$ ad $\frac{2}{3} ACqc$, hoc est, ut duo ad quinque. *Q. E. D.*

 LEMMA

De Mundi Systemate

LEMMA III.

Iisdem positis: Dico tertio quod motus Terræ totius circum axem jam ante descriptum, ex motibus particularum omnium compositus, erit ad motum annuli prædicti circum axem eundem, in ratione quæ componitur ex ratione materiæ in Terra ad materiam in annulo, & ratione trium quadratorum ex arcu quadrantali circuli cujuscunque ad duo quadrata ex diametro; id est, in ratione materiæ ad materiam & numeri 925275 ad numerum 1000000.

Est enim motus Cylindri circum axem suum immotum revolventis, ad motum Sphæræ inscriptæ & simul revolventis, ut quælibet quatuor æqualia quadrata ad tres ex circulis sibi inscriptis: & motus Cylindri ad motum annuli tenuissimi, Sphæram & Cylindrum ad communem eorum contactum ambientis, ut duplum materiæ in Cylindro ad triplum materiæ in annulo; & annuli motus iste circum axem Cylindri uniformiter continuatus, ad ejusdem motum uniformem circum diametrum propriam, eodem tempore periodico factum, ut circumferentia circuli ad duplum diametri.

HYPOTHESIS II.

Si annulus prædictus Terra omni reliqua sublata, solus in Orbe Terræ, motu annuo circa Solem ferretur, & interea circa axem suum, ad planum Eclipticæ in angulo graduum $23\frac{1}{2}$ inclinatum, motu diurno revolveretur: idem foret motus Punctorum Æquinoctialium sive annulus iste fluidus esset, sive is ex materia rigida & firma constaret.

PRO-

PROPOSITIO XXXIX. PROBLEMA XX.

Invenire Præcessionem Æquinoctiorum.

Motus mediocris horarius Nodorum Lunæ in Orbe circulari, ubi Nodi sunt in Quadraturis, erat $16''. 35'''. 16^{iv}. 36^{v}.$ & hujus dimidium $8''. 17'''. 38^{iv}. 18^{v}.$ (ob rationes supra explicatas) est motus medius horarius Nodorum in tali Orbe; fitque anno toto sidereo $20^{gr.} 11'. 46''.$ Quoniam igitur Nodi Lunæ in tali Orbe conficerent annuatim $20^{gr.} 11'. 46''.$ in antecedentia; & si plures essent Lunæ motus Nodorum cujusque, per Corol. 16. Prop. LXVI. Lib. I. forent ut tempora periodica; si Luna spatio diei siderei juxta superficiem Terræ revolveretur, motus annuus Nodorum foret ad $20^{gr.} 11'. 46''.$ ut dies sidereus horarum 23. 56'. ad tempus periodicum Lunæ dierum 27. 7 hor. 43'; id est, ut 1436 ad 39343. Et par est ratio Nodorum annuli Lunarum Terram ambientis; sive Lunæ illæ se mutuo non contingant, sive liquescant & in annulum continuum formentur, sive denique annulus ille rigescat & inflexibilis reddatur.

Fingamus igitur quod annulus iste, quoad quantitatem materiæ, æqualis sit Terræ omni $PapAPepE$ quæ globo $Pape$ superior est; (*Vid. Fig. pag.* 434.) & quoniam globus iste est ad Terram illam superiorem ut $aC qu.$ ad $AC qu. - aC qu.$ id est (cum Terræ diameter minor PC vel aC sit ad diametrum majorem AC ut 229 ad 230,) ut 52441 ad 459; si annulus iste Terram secundum Æquatorem cingeret & uterque simul circa diametrum annuli revolveretur, motus annuli esset ad motum globi interioris (per hujus Lem. III.) ut 459 ad 52441 & 1000000 ad 925275 conjunctim, hoc est, ut 4590 ad 485223; ideoque motus annuli esset ad summam motuum annuli ac globi, ut 4590 ad 489813. Unde si annulus globo adhæreat, & motum suum quo ipsius Nodi seu puncta Æquinoctialia regrediuntur, cum globo communicet: motus qui restabit in annulo erit ad ipsius motum priorem, ut 4590 ad 489813; & propterea motus punctorum Æquinoctialium diminuetur in eadem ratione. Erit igitur motus annuus punctorum Æquinoctialium corporis ex annulo & globo compositi, ad motum

20 gr.

20$^{gr.}$ 11$'$. 46$''$, ut 1436 ad 39343 & 4590 ad 489813 conjunctim, id est, ut 100 ad 292369. Vires autem quibus Nodi Lunarum (ut supra explicui) atque adeo quibus puncta Æquinoctialia annuli regrediuntur (id est vires 3*IT*, *in Fig. pag.* 403 & 404) sunt in singulis particulis ut distantiæ particularum à plano *QR*, & his viribus particulæ illæ planum fugiunt; & propterea (per Lem. II.) si materia annuli per totam globi superficiem, in morem figuræ *PapAPepE*, ad superiorem illam Terræ partem constituendam spargeretur, vis & efficacia tota particularum omnium ad Terram circa quamvis Æquatoris diametrum rotandam, atque adeo ad movenda puncta Æquinoctialia, evaderet minor quam prius in ratione 2 ad 5. Ideoque annuus Æquinoctiorum regressus jam esset ad 20$^{gr.}$ 11$'$. 46$''$, ut 10 ad 73092: ac proinde fieret 9$''$. 56$'''$. 50^{iv}.

Cæterum hic motus, ob inclinationem plani Æquatoris ad planum Eclipticæ, minuendus est, idque in ratione sinus 91706 (qui sinus est complementi graduum $23\frac{1}{2}$) ad Radium 100000. Qua ratione motus iste jam fiet 9$''$. 7$'''$. 20^{iv}. Hæc est annua Præcessio Æquinoctiorum a vi Solis oriunda.

Vis autem Lunæ ad Mare movendum erat ad vim Solis, ut 4,4815 ad 1 circiter. Et vis Lunæ ad Æquinoctia movenda, est ad vim Solis in eadem proportione. Indeque prodit annua Æquinoctiorum Præcessio a vi Lunæ oriunda 40$''$. 52$'''$. 52^{iv}, ac tota Præcessio annua a vi utraque oriunda 50$''$. 00$'''$. 12^{iv}. Et hic motus cum Phænomenis congruit. Nam Præcessio Æquinoctiorum ex Observationibus Astronomicis est minutorum secundorum plus minus quinquaginta.

Si altitudo Terræ ad Æquatorem superet altitudinem ejus ad Polos, milliaribus pluribus quam $17\frac{1}{6}$, materia ejus rarior erit ad circumferentiam quam ad centrum: & Præcessio Æquinoctiorum ob altitudinem illam augeri, ob raritatem diminui debet.

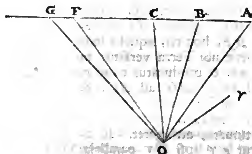
Descripsimus jam Systema Solis, Terræ, Lunæ, & Planetarum: superest ut de Cometis nonnulla adjiciantur.

LEMMA

LEMMA IV.

Cometas esse Luna superiores & in regione Planetarum versari.

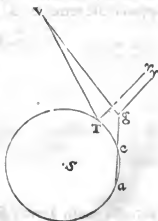
Ut defectus Parallaxeos diurnæ extulit Cometas supra regiones sublunares, sic ex Parallaxi annua convincitur eorum descensus in regiones Planetarum. Nam Cometæ qui progrediuntur secundum ordinem signorum sunt omnes, sub exitu apparitionis, aut solito tardiores aut retrogradi, si Terra est inter ipsos & Solem; at justo celeriores si Terra vergit ad oppositionem. Et e contra, qui pergunt contra ordinem signorum sunt justo celeriores in fine apparitionis, si Terra versatur inter ipsos & Solem; & justo tardiores vel retrogradi si Terra sita est ad contrarias partes. Contingit hoc maxime ex motu Terræ in vario ipsius situ, perinde ut fit in Planetis, qui, pro motu Terræ vel conspirante vel contrario, nunc retrogradi sunt, nunc tardius progredi videntur, nunc vero celerius. Si Terra pergit ad eandem partem cum Cometa, & motu angulari circa Solem tanto celerius fertur, ut recta per Terram & Cometam perpetuo ducta convergat ad partes ultra Cometam, Cometa e Terra spectatus, ob motum suum tardiorem, apparet esse retrogradus; sin Terra tardius fertur, motus Cometæ,



(detracto motu Terræ) fit saltem tardior. At si Terra pergit in contrarias partes, Cometa exinde velocior apparet. Ex acceleratione autem vel retardatione vel motu retrogrado distantia Cometæ in hunc modum colligitur. Sunto ♈ QA, ♈ QB, ♈ QC observatæ tres longitudines Cometæ, sub initio motus, sitque ♈ QF longitudo ultimo observata, ubi Cometa videri desinit.

Agatur

Agatur recta ABC, cujus partes AB, BC rectis QA & QB, QB & QC interjectæ, sint ad invicem ut tempora inter observationes tres primas. Producatur AC ad G, ut sit AG ad AB ut tempus inter observationem primam & ultimam, ad tempus inter observationem primam & secundam, & jungatur QG. Et si Cometa moveretur uniformiter in linea recta, atque Terra vel quiesceret, vel etiam in linea recta, uniformi cum motu, progrederetur; foret angulus γQG longitudo Cometæ tempore Observationis ultimæ. Angulus igitur FQG, qui longitudinum differentia est, oritur ab inæqualitate motuum Cometæ ac Terræ. Hic autem angulus, si Terra & Cometa in contrarias partes moventur, additur angulo γQG, & sic motum apparentem Cometæ velociorem reddit: Sin Cometa pergit in easdem partes cum Terra, eidem subducitur, motumque Cometæ vel tardiorem reddit, vel forte retrogradum; uti modo exposui. Oritur igitur hic angulus præcipue ex motu Terræ, & idcirco pro parallaxi Cometæ merito habendus est, neglecto videlicet ejus incremento vel decremento nonnullo, quod a Cometæ motu inæquabili in Orbe proprio oriri possit. Distantia vero Cometæ ex hac parallaxi sic colligitur. Designet S Solem, acT Orbem magnum, a locum Terræ in observatione prima, c locum Terræ in observatione tertia, T locum Terræ in observatione ultima, & $T\gamma$ lineam rectam versus principium Arietis ductam. Sumatur angulus γTV æqualis angulo γQF, hoc est, æqualis longitudini Cometæ ubi Terra versatur in T. Jungatur ac, & producatur ea ad g, ut sit ag ad ac ut AG ad AC, & erit g locus quem Terra tempore observationis ultimæ, motu in recta ac uniformiter continuato, attingeret. Ideoque si ducatur $g\gamma$ ipsi $T\gamma$ parallela, & capiatur angulus γgV angulo γQG æqualis, erit hic angulus γgV æqualis longitudini Cometæ e loco g spectati; & angulus TVg parallaxis erit, quæ oritur a translatione Terræ de loco g in locum T: ac proinde V locus erit Cometæ in plano Eclipticæ. Hic autem locus V Orbe Jovis inferior esse solet.



Idem

Idem colligitur ex curvatura viæ Cometarum. Pergunt hæc corpora propemodum in circulis maximis quamdiu moventur celerius; at in fine cursus, ubi motus apparentis pars illa quæ à parallaxi oritur, majorem habet proportionem ad motum totum apparentem, deflectere solent ab his circulis, & quoties Terra movetur in unam partem, abire in partem contrariam. Oritur hæc deflexio maxime ex Parallaxi, propterea quod respondet motui Terræ; & insignis ejus quantitas, meo computo, collocavit disparentes Cometas satis longe infra Jovem. Unde consequens est quod in Perigæis & Periheliis, ubi propius adsunt, descendunt sæpius infra orbes Martis & inferiorum Planetarum.

Confirmatur etiam propinquitas Cometarum ex luce capitum. Nam corporis cœlestis a Sole illustrati & in regiones longinquas abeuntis, diminuitur splendor in quadruplicata ratione distantiæ: in duplicata ratione videlicet ob auctam corporis distantiam a Sole, & in alia duplicata ratione ob diminutam diametrum apparentem. Unde si detur & lucis quantitas & apparens diameter Cometæ, dabitur distantia, dicendo quod distantia sit ad distantiam Planetæ, in ratione diametri ad diametrum directe & ratione subduplicata lucis ad lucem inverse. Sic minima capillitii Cometæ anni 1682 diameter, per Tubum opticum sexdecim pedum a *Flamstedio* observata & Micrometro mensurata, æquabat 2′. 0″. Nucleus autem seu stella in medio capitis vix decimam partem latitudinis hujus occupabat, adeoque lata erat tantum 11″ vel 12″. Luce vero & claritate capitis superabat caput Cometæ anni 1680, stellasque primæ vel secundæ magnitudinis æmulabatur. Ponamus Saturnum cum annulo suo quasi quadruplo lucidiorem fuisse: & quoniam lux annuli propemodum æquabat lucem globi intermedii, & diameter apparens globi sit quasi 21″, adeoque lux globi & annuli conjunctim æquaret lucem globi, cujus diameter esset 30″: erit distantia Cometæ ad distantiam Saturni ut 1 ad $\surd 4$ inverse, & 12″ ad 30″ directe, id est, ut 24 ad 30 seu 4 ad 5. Rursus Cometa anni 1665 mense *Aprili*, ut author est *Hevelius*, claritate sua pene Fixas omnes superabat, quinetiam ipsum Saturnum, ratione coloris videlicet longe vividioris. Quippe lucidior erat hic Cometa altero illo, qui in fine anni præcedentis apparuerat & cum stellis primæ magnitudinis conferebatur. Latitudo capillitii erat quasi 6′, at nucleus cum Planetis ope Tubi optici collatus, plane minor erat Jove, & nunc minor corpore interme-

dio Saturni, nunc ipsi æqualis judicabatur. Porro cum diameter capillitii Cometarum raro superet 8′ vel 12′, diameter vero nuclei seu stellæ centralis sit quasi decima vel forte decima quinta pars diametri capillitii, patet Stellas hasce ut plurimum ejusdem esse apparentis magnitudinis cum Planetis. Unde cum lux earum cum luce Saturni non raro conferri possit, eamque aliquando superet; manifestum est quod Cometæ omnes in Periheliis vel infra Saturnum collocandi sint, vel non longe supra. Errant igitur toto cœlo qui Cometas in regionem Fixarum prope ablegant: qua certe ratione non magis illustrari deberent a Sole nostro, quam Planetæ, qui hic sunt, illustrantur a Stellis fixis.

Hæc disputavimus non considerando obscurationem Cometarum per fumum illum maxime copiosum & crassum, quo caput circundatur, quasi per nubem obtuse semper lucens. Nam quanto obscurius redditur corpus per hunc fumum, tanto propius ad Solem accedat necesse est, ut copia lucis a se reflexa Planetas æmuletur. Inde verisimile fit Cometas longe infra sphæram Saturni descendere, uti ex Parallaxi probavimus. Idem vero quam maxime confirmatur ex Caudis. Hæ vel ex reflexione fumi sparsi per Æthera, vel ex luce capitis oriuntur. Priore casu minuenda est distantia Cometarum, ne fumus a capite semper ortus per spatia nimis ampla incredibili cum velocitate & expansione propagetur. In posteriore referenda est lux omnis tam caudæ quam capillitii ad nucleum capitis. Igitur si concipiamus lucem hanc omnem congregari & intra discum nuclei coarctari, nucleus ille jam certe, quoties caudam maximam & fulgentissimam emittit, Jovem ipsum splendore suo multum superabit. Minore igitur cum diametro apparente plus lucis emittens, multo magis illustrabitur a Sole, adeoque erit Soli multo propior. Quinetiam capita sub Sole delitescentia, & caudas cum maximas tum fulgentissimas instar trabium ignitarum nonnunquam emittentia, eodem argumento infra orbem Veneris collocari debent. Nam lux illa omnis si in stellam congregari supponatur, ipsam Venerem ne dicam Veneres plures conjunctas quandoque superaret.

Idem denique colligitur ex luce capitum crescente in recessu Cometarum a Terra Solem versus, ac decrescente in eorum recessu a Sole versus Terram. Sic enim Cometa posterior Anni 1665 (observante *Hevelio*,) ex quo conspici cœpit, remittebat semper de

de motu suo apparente, adeoque præterierat Perigæum; Splendor vero capitis nihilominus indies crescebat, usque dum Cometa radiis Solaribus obtectus desiit apparere. Cometa Anni 1683, observante eodem *Hevelio*, in fine Mensis *Julii* ubi primum conspectus est, tardissime movebatur, minuta prima 40 vel 45 circiter singulis diebus in Orbe suo conficiens. Ex eo tempore motus ejus diurnus perpetuo augebatur usque ad *Sept.* 4. quando evasit graduum quasi quinque. Igitur toto hoc tempore Cometa ad Terram appropinquabat. Id quod etiam ex diametro capitis Micrometro mensurata colligitur: quippe quam *Hevelius* reperit *Aug.* 6. esse tantum 6′. 5″ inclusa coma, at *Sept.* 2. esse 9′. 7″. Caput igitur initio longe minus apparuit quam in fine motus, at initio tamen in vicinia Solis longe lucidius extitit quam circa finem, ut refert idem *Hevelius*. Proinde toto hoc tempore, ob recessum ipsius a Sole, quoad lumen decrevit, non obstante accessu ad Terram. Cometa Anni 1618 circa medium Mensis *Decembris*, & iste Anni 1680 circa finem ejusdem Mensis, celerrime movebantur, adeoque tunc erant in Perigæis. Verum splendor maximus capitum contigit ante duas fere septimanas, ubi modo exierant de radiis Solaribus; & splendor maximus caudarum paulo ante, in majore vicinitate Solis. Caput Cometæ prioris, juxta observationes *Cysati*, *Decemb.* 1. majus videbatur stellis primæ magnitudinis, & *Decemb.* 16. (jam in Perigæo existens) magnitudine parum, splendore seu claritate luminis plurimum defecerat. *Jan.* 7. *Keplerus* de capite incertus finem fecit observandi. Die 12 mensis *Decemb.* conspectum & a *Flamstedio* observatum est caput Cometæ posterioris, in distantia novem graduum a Sole; id quod stellæ tertiæ magnitudinis vix concessum fuisset. *Decemb.* 15 & 17 apparuit idem ut stella tertiæ magnitudinis, diminutum utique splendore Nubium juxta Solem occidentem. *Decemb.* 26. velocissime motus, inque Perigæo propemodum existens, cedebat ori Pegasi, Stellæ tertiæ magnitudinis. *Jan.* 3. apparebat ut Stella quartæ, *Jan.* 9. ut Stella quintæ, *Jan.* 13 ob splendorem Lunæ crescentis disparuit. *Jan.* 25. vix æquabat Stellas magnitudinis septimæ. Si sumantur æqualia a Perigæo hinc inde tempora, capita quæ temporibus illis in longinquis regionibus posita, ob æquales a Terra distantias, æqualiter lucere debuissent, in plaga Solis maxime splenduere, ex altera Perigæi parte evanuere. Igitur ex magna lucis in utroque situ differentia, concluditur magna Solis & Cometæ vicinitas in situ priore. Nam lux Cometarum

regularis esse solet, & maxima apparere ubi capita velocissime moventur, atque adeo sunt in Perigæis; nisi quatenus ea major est in vicinia Solis.

Corol. 1. Splendent igitur Cometæ luce Solis a se reflexa.

Corol. 2. Ex dictis etiam intelligitur cur Cometæ tantopere frequentant regionem Solis. Si cernerentur in regionibus longe ultra Saturnum, deberent sæpius apparere in partibus Soli oppositis. Forent enim Terræ viciniores qui in his partibus versarentur, & Sol interpositus obscuraret cæteros. Verum percurrendo historias Cometarum, reperi quod quadruplo vel quintuplo plures detecti sunt in Hemisphærio Solem versus, quam in Hemisphærio opposito, præter alios procul dubio non paucos quos lux Solaris obtexit. Nimirum in descensu ad regiones nostras neque caudas emittunt, neque adeo illustrantur a Sole, ut nudis oculis se prius detegendos exhibeant, quam sint ipso Jove propiores. Spatii autem tantillo intervallo circa Solem descripti pars longe major sita est a latere Terræ quod Solem respicit; inque parte illa majore Cometæ, Soli ut plurimum viciniores, magis illuminari solent.

Corol. 3. Hinc etiam manifestum est, quod Cœli resistentia destituuntur. Nam Cometæ vias obliquas & nonnunquam cursui Planetarum contrarias secuti, moventur omnifariam liberrime, & motus suos etiam contra cursum Planetarum, diutissime conservant. Fallor ni genus Planetarum sint, & motu perpetuo in orbem redeant. Nam quod Scriptores aliqui Meteora esse volunt, argumentum a capitum perpetuis mutationibus ducentes, fundamento carere videtur. Capita Cometarum Atmosphæris ingentibus cinguntur; & Atmosphæræ inferne densiores esse debent. Unde nubes sunt, non ipsa Cometarum corpora, in quibus mutationes illæ visuntur. Sic Terra si e Planetis spectaretur, luce nubium suarum proculdubio splenderet, & corpus firmum sub nubibus prope delitesceret. Sic cingula Jovis in nubibus Planetæ illius formata est, quæ situm mutant inter se, & firmum Jovis corpus per nubes illas difficilius cernitur. Et multo magis corpora Cometarum sub Atmosphæris & profundioribus & crassioribus abscond idebent.

PRO-

PROPOSITIO XL. THEOREMA XX.

Cometas in Sectionibus Conicis umbilicos in centro Solis habentibus moveri, & radiis ad Solem ductis areas temporibus proportionales describere.

Patet per Corol. 1. Propos. XIII. Libri primi, collatum cum Prop. VIII, XII & XIII. Libri tertii.

Corol. 1. Hinc si Cometæ in orbem redeunt: Orbes erunt Ellipses, & tempora periodica erunt ad tempora periodica Planetarum in axium principalium ratione sesquiplicata. Ideoque Cometæ maxima ex parte supra Planetas versantes, & eo nomine Orbes axibus majoribus describentes, tardius revolventur. Ut si axis Orbis Cometæ sit quadruplo major axe Orbis Saturni, tempus revolutionis Cometæ erit ad tempus revolutionis Saturni, id est, ad annos 30, ut $4\sqrt{4}$ (seu 8) ad 1, ideoque erit annorum 240.

Corol. 2. Orbes autem erunt Parabolis adeo finitimi, ut eorum vice Parabolæ, absque erroribus sensibilibus, adhiberi possint.

Corol. 3. Et propterea, per Corol. 7. Prop. XVI. Lib. I. velocitas Cometæ omnis, erit semper ad velocitatem Planetæ cujusvis circa Solem in circulo revolventis, in subduplicata ratione duplæ distantiæ Planetæ a centro Solis, ad distantiam Cometæ a centro Solis quamproxime. Ponamus radium Orbis magni, seu Ellipseos, in qua Terra revolvitur semidiametrum maximam, esse partium 100000000: & Terra motu suo diurno mediocri describet partes 1720212, & motu horario partes $71675\frac{1}{2}$. Ideoque Cometa in eadem Telluris a Sole distantia mediocri, ea cum velocitate quæ sit ad velocitatem Telluris ut $\sqrt{2}$ ad 1, describet motu suo diurno partes 2432747, & motu horario partes $101364\frac{1}{2}$. In majoribus autem vel minoribus distantiis, motus tum diurnus tum horarius erit ad hunc motum diurnum & horarium in subduplicata ratione distantiarum reciproce, ideoque datur.

Corol. 4. Unde si Latus rectum Parabolæ quadruplo majus sit radio Orbis magni, & quadratum radii illius ponatur esse partium 100000000: area quam Cometa radio ad Solem ducto singulis diebus describit, erit partium $1216373\frac{1}{2}$, & singulis horis area illa erit partium $50682\frac{1}{4}$. Sin latus rectum majus sit vel minus in ratione quavis, erit area diurna & horaria major vel minor in eadem ratione subduplicata.

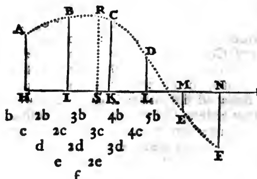
LEMMA.

LEMMA V.

Invenire lineam curvam generis Parabolici, quæ per data quotcunque puncta transibit.

Sunto puncta illa $A, B, C, \mathcal{D}, E, F$, &c. & ab iisdem ad rectam quamvis positione datam HN demitte perpendicula quotcunque AH, BI, CK, $\mathcal{D}L$, EM, FN.

Cas. 1. Si punctorum H, I, K, L, M, N æqualia sunt intervalla HI, IK, KL, &c. collige perpendiculorum AH, BI, CK, &c. differentias primas b, $2b$, $3b$, $4b$, $5b$, &c. secundas c, $2c$, $3c$, $4c$, &c. tertias d, $2d$, $3d$, &c. id est, ita ut sit $AH-BI=b$, $BI-CK=2b$, $CK-\mathcal{D}L=3b$, $\mathcal{D}L+EM=4b$, $-EM+FN=5b$, &c. dein $b-2b=c$, &c. & sic pergatur ad differentiam ultimam quæ hic est f. Deinde erecta quacunque perpendiculari RS, quæ fuerit ordinatim applicata ad curvam quæsitam: ut inveniatur hujus longitudo, pone intervalla HI, IK, KL, LM, &c. unitates esse, & dic $AH=a$, $-HS=p$, $\frac{1}{2}p$ in $-IS=q$, $\frac{1}{3}q$ in $+SK=r$, $\frac{1}{4}r$ in $+SL=s$, $\frac{1}{5}s$ in $+SM=t$; pergendo videlicet ad usque penultimum perpendiculum ME, & præponendo signa negativa terminis HS, IS, &c. qui jacent ad partes puncti S versus A, & signa affirmativa terminis SK, SL, &c. qui jacent ad alteras partes puncti S. Et signis probe observatis, erit $RS=a+bp+cq+dr+es+ft$, &c.



Cas. 2. Quod si punctorum H, I, K, L, &c. inæqualia sint intervalla HI, IK, &c. collige perpendiculorum AH, BI, CK, &c. differentias primas per intervalla perpendiculorum divisas b, $2b$, $3b$, $4b$, $5b$; secundas per intervalla bina divisas c, $2c$, $3c$, $4c$, &c. tertias per intervalla terna divisas d, $2d$, $3d$, &c. quartas per inter-

intervalla quaterna divisas e, $2e$, &c. & sic deinceps; id est, ita ut sit $b = \frac{AH-BI}{HI}$, $2b = \frac{BI-CK}{IK}$, $3b = \frac{CK-DL}{KL}$, &c. dein $c = \frac{b-2b}{HK}$, $2c = \frac{2b-3b}{IL}$, $3c = \frac{3b-4b}{KM}$, &c. Postea $d = \frac{c-2c}{HL}$, $2d = \frac{2c-3c}{IM}$, &c. Inventis differentiis, dic $AH = a$, $-HS = p$, p in $-IS = q$, q in $+SK = r$, r in $+SL = s$, s in $+SM = t$; pergendo scilicet ad usque perpendiculum penultimum ME, & erit ordinatim applicata $RS = a + bp + cq + dr + es + ft$, &c.

Corol. Hinc areæ curvarum omnium inveniri possunt quamproxime. Nam si curvæ cujusvis quadrandæ inveniantur puncta aliquot, & Parabola per eadem duci intelligatur: erit area Parabolæ hujus eadem quam proxime cum area curvæ illius quadrandæ. Potest autem Parabola, per Methodos notissimas, semper quadrari Geometrice.

LEMMA VI.

Ex observatis aliquot locis Cometæ invenire locum ejus ad tempus quodvis intermedium datum.

Designent HI, IK, KL, LM tempora inter observationes, (*in Fig. præced.*) HA, IB, KC, LD, ME observatas quinque longitudines Cometæ, HS tempus datum inter observationem primam & longitudinem quæsitam. Et si per puncta A, B, C, D, E duci intelligatur curva regularis $ABCDE$; & per Lemma superius inveniatur ejus ordinatim applicata RS, erit RS longitudo quæsita.

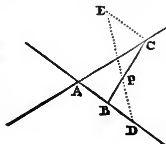
Eadem methodo ex observatis quinque latitudinibus invenitur latitudo ad tempus datum.

Si longitudinum observatarum parvæ sint differentiæ, puta graduum tantum 4 vel 5; suffecerint observationes tres vel quatuor ad inveniendam longitudinem & latitudinem novam. Sin majores sint differentiæ, puta graduum 10 vel 20, debebunt observationes quinque adhiberi.

LEMMA

LEMMA VII.

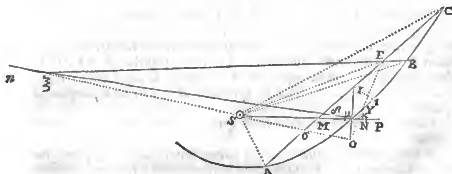
Per datum punctum P *ducere rectam lineam* BC, *cujus partes* PB, PC, *rectis duabus positione datis* AB, AC *abscissæ, datam habeant rationem ad invicem.*



A puncto illo *P* ad rectarum alterutram *AB* ducatur recta quævis *PD*, & producatur eadem versus rectam alteram *AC* usque ad *E*, ut sit *PE* ad *PD* in data illa ratione. Ipsi *AD* parallela sit *EC*; & si agatur *CPB*, erit *PC* ad *PB* ut *PE* ad *PD*. *Q.E.F.*

LEMMA VIII.

Sit ABC *Parabola umbilicum habens* S. *Chorda* AC *bisecta in* I *abscindatur segmentum* ABCI, *cujus diameter sit* Iμ *&* *vertex* μ. *In* Iμ *producta capiatur* μO *æqualis dimidio ipsius*



Iμ. *Jungatur* OS, *&* *producatur ea ad* ξ, *ut sit* Sξ *æqualis* 2SO. *Et si Cometa* B *moveatur in arcu* CBA, *&* *agatur* ξB *secans* AC *in* E: *dico quod punctum* E *abscindet de chorda* AC *segmentum* AE *tempori proportionale quamproxime.*

Junga-

Jungatur enim EO secans arcum Parabolicum ABC in T, & agatur μX quæ tangat eundem arcum in vertice μ & actæ EO occurrat in X; & erit area curvilinea $AEX\mu A$ ad aream curvilineam $ACT\mu A$ ut AE ad AC. Ideoque cum triangulum ASE sit ad triangulum ASC in eadem ratione, erit area tota $ASEX\mu A$ ad aream totam $ASCT\mu A$ ut AE ad AC. Cum autem ξO sit ad SO ut 3 ad 1, & EO ad XO in eadem ratione, erit SX ipsi EB parallela: & propterea si jungatur BX, erit triangulum SEB triangulo XEB æquale. Unde si ad aream $ASEX\mu A$ addatur triangulum EXB, & de summa auferatur triangulum SEB, manebit area $ASBX\mu A$ areæ $ASEX\mu A$ æqualis, atque adeo ad aream $ASCT\mu A$ ut AE ad AC. Sed areæ $ASBX\mu A$ æqualis est area $ASBT\mu A$ quamproxime, & hæc area $ASBT\mu A$ est ad aream $ASCT\mu A$, ut tempus descripti arcus AB ad tempus descripti arcus totius AC. Ideoque AE est ad AC in ratione temporum quamproxime. *Q.E.D.*

Corol. Ubi punctum B incidit in Parabolæ verticem μ, est AE ad AC in ratione temporum accurate.

Scholium.

Si jungatur $\mu\xi$ secans AC in δ, & in ea capiatur ξn quæ sit ad μB ut $27MI$ ad $16M\mu$: acta Bn secabit chordam AC in ratione temporum magis accurate quam prius. Jaceat autem punctum n ultra punctum ξ, si punctum B magis distat a vertice principali Parabolæ quam punctum μ; & citra, si minus distat ab eodem vertice.

LEMMA IX.

Rectæ $I\mu$ *&* μM *& longitudo* $\frac{AIC}{4S\mu}$ *æquantur inter se.*

Nam $4S\mu$ est latus rectum Parabolæ pertinens ad verticem μ.

LEMMA X.

Si producatur $S\mu$ *ad* N *&* P, *ut* μN *sit pars tertia ipsius* μ I, *&* SP *sit ad* SN *ut* SN *ad* $S\mu$. *Cometa, quo tempore describit arcum* $A\mu C$, *si progrederetur ea semper cum velocitate quam habet in altitudine ipsi* SP *æquali, describeret longitudinem æqualem chordæ* AC.

Nam si Cometa velocitate quam habet in μ, eodem tempore progrederetur uniformiter in recta quæ Parabolam tangit in μ; area quam radio ad punctum *S* ducto describeret, æqualis esset areæ Parabolicæ $ASC\mu$. Ideoque contentum sub longitudine in tangente descripta & longitudine $S\mu$, esset ad contentum sub longitudinibus *AC* & *SM*, ut area $ASC\mu$ ad triangulum *ASCM*, id est, ut *SN* ad *SM*. Quare *AC* est ad longitudinem in tangente descriptam, ut $S\mu$ ad *SN*. Cum autem velocitas Cometæ in altitudine *SP* sit (per Corol. 6. Prop. XVI. Lib. I.) ad velocitatem in altitudine $S\mu$, in subduplicata ratione *SP* ad $S\mu$ inverse, id est, in ratione $S\mu$ ad *SN*; longitudo hac velocitate eodem tempore descripta, erit ad longitudinem in tangente descriptam, ut $S\mu$ ad *SN*. Igitur *AC* & longitudo hac nova velocitate descripta, cum sint ad longitudinem in tangente descriptam in eadem ratione, æquantur inter se. *Q.E.D.*

Corol. Cometa igitur ea cum velocitate, quam habet in altitudine $S\mu + \frac{2}{3}I\mu$, eodem tempore describeret chordam *AC* quamproxime.

LEMMA

LEMMA XI.

Si Cometa motu omni privatus de altitudine SN *seu* $S\mu + \frac{1}{3}I\mu$ *demitteretur, ut caderet in Solem, & ea semper vi uniformiter continuata urgeretur in Solem, qua urgetur sub initio; idem semisse temporis quo in Orbe suo describat arcum* AC, *descensu suo describeret spatium longitudini* $I\mu$ *æquale.*

Nam Cometa quo tempore describat arcum Parabolicum *AC*, eodem tempore ea cum velocitate quam habet in altitudine *SP* (per Lemma novissimum) describet chordam *AC*, adeoque (per Corol. 7. Prop. XVI. Lib. I.) eodem tempore in Circulo cujus semidiameter esset *SP*, vi gravitatis suæ revolvendo, describeret arcum cujus longitudo esset ad arcus Parabolici chordam *AC*, in subduplicata ratione unius ad duo. Et propterea eo cum pondere quod habet in Solem in altitudine *SP*, cadendo de altitudine illa in Solem, describeret semisse temporis illius (per Corol. 9. Prop. IV. Lib. I.) spatium æquale quadrato semissis chordæ illius applicato ad quadruplum altitudinis *SP*, id est, spatium $\frac{AIq}{4SP}$. Unde cum pondus Cometæ in Solem in altitudine *SN*, sit ad ipsius pondus in Solem in altitudine *SP*, ut *SP* ad $S\mu$: Cometa pondere quod habet in altitudine *SN* eodem tempore, in Solem cadendo, describet spatium $\frac{AIq}{4S\mu}$, id est, spatium longitudini $I\mu$ vel $M\mu$ æquale. *Q.E.D.*

PROPOSITIO XLI. PROBLEMA XXI.

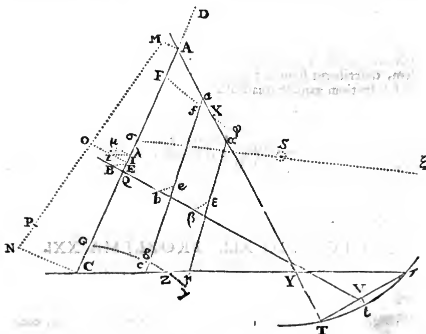
Cometæ in Parabola moti Trajectoriam ex datis tribus Observationibus determinare.

Problema hocce longe difficillimum multimode aggressus, composui Problemata quædam in Libro primo quæ ad ejus solutionem spectant. Postea solutionem sequentem paulo simpliciorem excogitavi.

Seligantur tres observationes æqualibus temporum intervallis ab invicem quamproxime distantes. Sit autem temporis intervallum illud ubi Cometa tardius movetur paulo majus altero, ita videlicet

ut temporum differentia sit ad summam temporum, ut summa temporum ad dies plus minus sexcentos; vel ut punctum *E* incidat in punctum *M* quamproxime, & inde aberret versus *I* potius quam versus *A*. Si tales observationes non præsto sint, inveniendus est novus Cometæ locus per Lemma sextum.

Designent *S* Solem, *T*, *t*, *τ* tria loca Terræ in Orbe magno, *TA*, *tB*, *τC* observatas tres longitudines Cometæ, V tempus inter observationem primam & secundam, W tempus inter secundam ac tertiam, X longitudinem quam Cometa toto illo tempore, ea cum velocitate quam habet in mediocri Telluris à Sole distantia, describere posset, quæque per Corol. 3. Prop. xl. Lib. III. invenienda est, & *tV* perpendiculum in chordam *Tτ*. In longi-



tudine media *tB* sumatur utcunque punctum *B* pro loco Cometæ in plano Eclipticæ, & inde versus Solem *S* ducatur linea *BE*, quæ sit ad sagittam *tV*, ut contentum sub *SB* & *St quad.* ad cubum hypotenusæ trianguli rectanguli, cujus latera sunt *SB* & tangens latitudinis Cometæ in observatione secunda ad radium *tB*.

Et

Et per punctum E agatur (per hujus Lem. VII.) recta AEC, cujus partes AE, EC ad rectas TA & τC terminatæ, sint ad invicem ut tempora V & W: & erunt A & C loca Cometæ in plano Eclipticæ in observatione prima ac tertia quamproxime, si modo B sit locus ejus recte assumptus in observatione secunda.

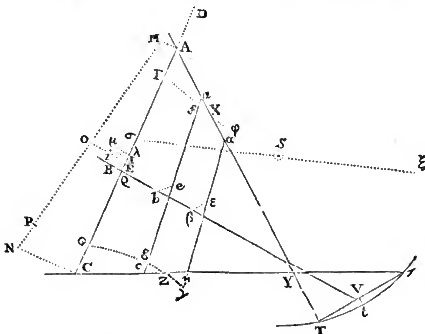
Ad AC bisectam in I erige perpendiculum Ii. Per punctum B age occultam Bi ipsi AC parallelam. Junge occultam Si secantem AC in λ, & comple parallelogrammum $iI\lambda\mu$. Cape $I\sigma$ æqualem $3I\lambda$, & per Solem S age occultam $\sigma\xi$ æqualem $3S\sigma+3i\lambda$. Et deletis jam literis A, E, C, I, a puncto B versus punctum ξ duc occultam novam BE, quæ sit ad priorem BE in duplicata ratione distantiæ BS ad quantitatem $S\mu+\frac{1}{3}i\lambda$. Et per punctum E iterum duc rectam AEC eadem lege ac prius, id est, ita ut ejus partes AE & EC sint ad invicem, ut tempora inter observationes V & W. Et erunt A & C loca Cometæ magis accurate.

Ad AC bisectam in I erigantur perpendicula AM, CN, IO, quarum AM & CN sint tangentes latitudinum in observatione prima ac tertia ad radios TA & τC. Jungatur MN secans IO in O. Constituatur rectangulum $iI\lambda\mu$ ut prius. In IA producta capiatur ID æqualis $S\mu+\frac{2}{3}i\lambda$, & agatur occulta OD. Deinde in MN versus N capiatur MP, quæ sit ad longitudinem supra inventam X, in subduplicata ratione mediocris distantiæ Telluris a Sole (seu semidiametri Orbis magni) ad distantiam OD. Si punctum P incidat in punctum N; erunt A, B, C tria loca Cometæ, per quæ Orbis ejus in plano Eclipticæ describi debet. Sin punctum P non incidat in punctum N; in recta AC capiatur CG ipsi NP æqualis, ita ut puncta G & P ad easdem partes rectæ NC jaceant.

Eadem methodo qua puncta E, A, C, G, ex assumpto puncto B inventa sunt, inveniantur ex assumptis utcunque punctis aliis b & β puncta nova e, a, c, g, & ϵ, α, $\varkappa$, γ. Deinde si per G, g, γ ducatur circumferentia circuli $Gg\gamma$, secans rectam τC in Z: erit Z locus Cometæ in plano Eclipticæ. Et si in AC, ac, $\alpha\varkappa$ capiantur AF, af, $\alpha\varphi$ ipsis CG, cg, $\varkappa\gamma$ respective æquales, & per puncta F, f, φ ducatur circumferentia circuli $Ff\varphi$, secans rectam AT in X; erit punctum X alius Cometæ locus in plano Eclipticæ. Ad puncta X & Z erigantur tangentes latitudinum Cometæ ad radios TX & τZ; & habebuntur loca duo Cometæ in Orbe proprio. Denique (per Prop. XIX. Lib. I.) umbilico S, per loca illa duo describatur Parabola, & hæc erit Trajectoria Cometæ. *Q. E. I.*

Con-

Constructionis hujus demonstratio ex Lemmatibus consequitur: quippe cum recta *AC* secetur in *E* in ratione temporum, per Lemma VII, ut oportet per Lem. VIII: & *BE* per Lem. XI. sit pars rectæ *BS* vel *Bξ* in plano Eclipticæ arcui *ABC* & chordæ *AEC* interjecta; & *MP* (per Corol. Lem. X.) longitudo sit chordæ arcus, quem Cometa in Orbe proprio inter observationem primam ac tertiam describere debet, ideoque ipsi *MN* æqualis fuerit, si modo *B* sit verus Cometæ locus in plano Eclipticæ.



Cæterum puncta *B*, *b*, *β* non quælibet, sed vero proxima eligere convenit. Si angulus *AQt*, in quo vestigium Orbis in plano Eclipticæ descriptum secat rectam *tB*, præterpropter innotescat; in angulo illo ducenda erit recta occulta *AC*, quæ sit ad $\frac{4}{3}T\tau$ in subduplicata ratione *SQ* ad *St*. Et agendo rectam *SEB* cujus pars *EB* æquetur longitudini *Vt*, determinabitur punctum *B* quod prima vice usurpare licet. Tum recta *AC* deleta & secundum præcedentem constructionem iterum ducta, & inventa

inventa insuper longitudine MP; in tB capiatur punctum b, ea lege, ut si TA, τC se mutuo secuerint in T, sit distantia Tb ad distantiam TB, in ratione composita ex ratione MP ad MN & ratione subduplicata SB ad Sb. Et eadem methodo inveniendum erit punctum tertium β, si modo operationem tertio repetere lubet. Sed hac methodo operationes duæ ut plurimum suffecerint. Nam si distantia Bb perexigua obvenerit; postquam inventa sunt puncta F, f & G, g, actæ rectæ Ff & Gg secabunt TA & τC in punctis quæsitis X & Z.

Exemplum.

Proponatur Cometa anni 1680. Hujus motum a *Flamstedio* observatum Tabula sequens exhibet.

		Tem. appar.	Temp. verum	Long. Solis	Long. Cometæ	Lat. Cometæ
		h. ′	h. ′ ″	gr. ′ ″	gr. ′ ″	gr. ′ ″
1680 *Dec.*	12	4.46	4.46. 0	♑ 1.51.23	♑ 6.31.21	8.26. 0
	21	6.32½	6.36.59	11. 6.44	♒ 5. 7.38	21.45.30
	24	6.12	6.17.52	14. 9.26	18.49.10	25.23.24
	26	5.14	5.20.44	16. 9.22	28.24. 6	27. 0.57
	29	7.55	8. 3. 2	19.19.43	♓ 13.11.45	28.10. 5
	30	8. 2	8.10.26	20.21. 9	17.39. 5	28.11.12
1681 *Jan.*	5	5.51	6. 1.38	26.22.18	♈ 8.49.10	26.15.26
	9	6.49	7. 0.53	♒ 0.29. 2	18.43.18	24.12.42
	10	5.54	6. 6.10	1.27.43	20.40.57	23.44. 0
	13	6.56	7. 8.55	4.33.20	25.59.34	22.17.36
	25	7.44	7.58.42	16.45.36	♉ 9.35.48	17.56.54
	30	8. 7	8.21.53	21.49.58	13.19.36	16.40.57
Feb.	2	6.20	6.34.51	24.46.59	15.13.48	16. 2. 2
	5	6.50	7. 4.41	27.49.51	16.59.52	15.27.23

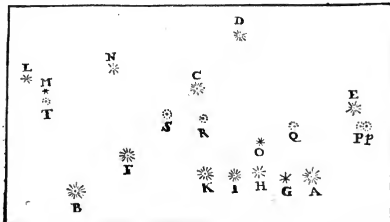
His adde Observationes quasdam e nostris.

		Temp. appar.	Cometæ Longit.	Com. Lat.
Febr.	25	8h.30′	♉ 26gr.18′.17″	12gr.46′⅔
	27	8 .15	27 . 4 .24	12 .36⅕
Mart.	1	11 . 0	27 .53 . 6	12 .24 6/7
	2	8 . 0	28 .12 .27	12 .20
	5	11 .30	29 .20 .51	12 . 3½
	9	8 .30	♊ 0 .43 . 4	11 .45⅞

Hæ Observationes Telescopio septupedali, & Micrometro filisque in foco Telescopii locatis peractæ sunt: quibus instrumentis

&

& positiones fixarum inter se & positiones Cometæ ad fixas determinavimus. Designet A stellam in sinistro calcaneo Persei (*Bayero* o) B stellam sequentem in sinistro pede (*Bayero* ζ) & $C, D, E, F, G, H, I, K, L, M, N, O$ stellas alias minores in eodem pede. Sintque P, Q, R, S, T loca Cometæ in observationibus supra descriptis: & existente distantia AB partium $80\frac{7}{12}$, erat AC partium $52\frac{1}{4}$, BC $58\frac{5}{6}$, AD $57\frac{5}{12}$, BD $82\frac{6}{11}$, CD $23\frac{2}{3}$, AE $29\frac{4}{7}$, CE $57\frac{1}{2}$, DE $49\frac{11}{12}$, AI $27\frac{7}{12}$, BI $52\frac{1}{6}$, CI $36\frac{7}{12}$,



DI $53\frac{5}{11}$, AK $38\frac{2}{3}$, BK 43, CK $31\frac{5}{9}$, FK 29, FB 23, FC $36\frac{1}{4}$, AH $18\frac{6}{7}$, DH $50\frac{7}{8}$, BN $46\frac{5}{12}$, CN $31\frac{1}{3}$, BL $45\frac{5}{12}$, NL $31\frac{5}{7}$. HO erat ad HI ut 7 ad 6 & producta transibat inter stellas D & E, sic ut distantia stellæ D ab hac recta esset $\frac{1}{6}CD$. LM erat ad LB ut 2 ad 9 & producta transibat per stellam H. His determinabantur positiones fixarum inter se.

Die Veneris *Feb.* 25. St. vet. Hor. $8\frac{1}{2}$ P. M. Cometæ in p existentis distantia a stella E erat minor quam $\frac{1}{13}AE$, major quam $\frac{1}{5}AE$, adeoque æqualis $\frac{1}{14}AE$ proxime; & angulus ApE nonnihil obtusus erat, sed fere rectus. Nempe si demitteretur ad pE perpendiculum ab A, distantiæ Cometæ a perpendiculo illo erat $\frac{1}{5}pE$.

Eadem nocte, hora $9\frac{1}{2}$, Cometæ in P existentis distantia a stella E erat major quam $\frac{1}{4\frac{1}{2}}AE$, minor quam $\frac{1}{5\frac{1}{4}}AE$, adeoque æqua-

lis

lis $\frac{1}{4\frac{7}{8}}AE$, seu $\frac{8}{39}AE$ quamproxime. A perpendiculo autem a stella A ad rectam PE demisso, distantia Cometæ erat $\frac{4}{5}PE$.

Die ☉is, *Feb.* 27. hor. $8\frac{1}{4}$ P.M. Cometæ in Q existentis distantia a stella O æquabat distantiam stellarum O & H, & recta QO producta transibat inter stellas K & B. Positionem hujus rectæ ob nubes intervenientes, magis accurate definire non potui.

Die ♂tis, *Mart* 1, hor. 11. P.M. Cometa in R existens, stellis K & C accurate interjacebat, & rectæ CRK pars CR paulo major erat quam $\frac{1}{3}CK$, & paulo minor quam $\frac{1}{3}CK+\frac{1}{8}CR$, adeoque æqualis $\frac{1}{3}CK+\frac{1}{16}CR$ seu $\frac{16}{45}CK$.

Die ☿ii, *Mart.* 2. hor. 8. P.M. Cometæ existentis in S, distantia a stella C erat $\frac{4}{9}FC$ quamproxime. Distantia stellæ F a recta CS producta erat $\frac{1}{24}FC$; & distantia stellæ B ab eadem recta, erat quintuplo major quam distantia stellæ F. Item recta NS producta transibat inter stellas H & I, quintuplo vel sextuplo propior existens stellæ H quam stellæ I.

Die ♄ni, *Mart.* 5. hor. $11\frac{1}{2}$. P.M. Cometa existente in T, recta MT æqualis erat $\frac{1}{2}ML$, & recta LT producta transibat inter B & F, quadruplo vel quintuplo propior F quam B, auferens a BF quintam vel sextam ejus partem versus F. Et MT producta transibat extra spatium BF ad partes stellæ B, quadruplo propior existens stellæ B quam stellæ F. Erat M stella perexigua quæ per Telescopium videri vix potuit, & L stella major quasi magnitudinis octavæ.

Ex hujusmodi observationibus per constructiones figurarum & computationes (posito quod stellarum A & B distantia esset $2^{gr.}\ 6'.46''$, & stellæ A longitudo ♉ $26^{gr.}\ 41'.50''$ & latitudo borealis $12^{gr.}\ 8'\frac{1}{2}$, stellæque B longitudo ♉ $28^{gr.}\ 40'.24''$ & latitudo borealis $11^{gr.}\ 17'\frac{2}{103}$) derivabam longitudines & latitudines Cometæ. Micrometro parum affabre constructo usus sum, sed longitudinum tamen & latitudinum errores (quatenus ab observationibus nostris oriantur) dimidium minuti unius primi vix superant, præterquam in observatione ultima *Mart.* 9. ubi positiones stellarum minus accurate determinare potui. *Cassinus* qui ascensionem rectam Cometæ eodem tempore observavit, declinationem ejus tanquam invariatam manentem parum diligenter definivit. Nam Cometa (juxta observationes nostras) in fine

motus sui notabiliter deflectere cœpit boream versus, a parallelo quem in fine Mensis *Februarii* tenuerat.

Jam ad Orbem Cometæ determinandum; selegi ex observationibus hactenus descriptis tres, quas *Flamstedius* habuit *Dec.* 21, *Jan.* 5, & *Jan.* 25. Ex his inveni St partium 9842,1 & Vt partium 455, quales 10000 sunt semidiameter Orbis magni. Tum ad operationem primam assumendo tB partium 5657, inveni SB 9747, BE prima vice 412, $S\mu$ 9503, $i\lambda$ 413: BE secunda vice 421, OD 10186, X 8528,4, MP 8450, MN 8475, NP 25. Unde ad operationem secundam collegi distantiam tb 5640. Et per hanc operationem inveni tandem distantias TX 4775 & τZ 11322. Ex quibus Orbem definiendo, inveni Nodos ejus descendentem in ♋ & ascendentem in ♑ 1 gr. 53′; Inclinationem plani ejus ad planum Eclipticæ 61 gr. 20′⅓; verticem ejus (seu Perihelium Cometæ) distare a Nodo 8 gr. 38′, & esse in ♐ 27 gr. 43′ cum latitudine australi 7 gr. 34′; & ejus latus rectum esse 236,8, areamque radio ad Solem ducto singulis diebus descriptam 93585, quadrato semidiametri Orbis magni posito 100000000; Cometam vero in hoc Orbe secundum seriem signorum processisse, & *Decemb.* 8^d. 0^h. 4′. P. M. in vertice Orbis seu Perihelio fuisse. Hæc omnia per scalam partium æqualium & chordas angulorum ex Tabula sinuum naturalium collectas, determinavi Graphice; construendo Schema satis amplum, in quo videlicet semidiameter Orbis magni (partium 10000) æqualis esset digitis 16⅓ pedis Anglicani.

Tandem ut constaret an Cometa in Orbe sic invento vere moveretur, collegi per operationes partim Arithmeticas partim Graphicas, loca Cometæ in hoc Orbe ad observationum quarundam tempora: uti in Tabula sequente videre licet.

	Distant. Cometæ a Sole	Long. Collect.	Lat. Collect.	Long. Obs.	Lat. Obs.	Differ Long.	Differ. Lat.
		gr. ′	gr. ′	gr. ′	gr. ′	′	′
Dec. 12	2792	♑ 6 . 32	8 . 18½	♑ 6 . 31⅓	8 . 26	+ 1	− 7½
29	8403	♓ 13 . 13⅔	28 . 0	♓ 13 . 11¾	28 . 10 1/12	+ 2	− 10 1/12
Febr. 5	16669	♉ 17 . 0	15 . 29⅔	♉ 16 . 59⅞	15 . 27⅖	+ 0	+ 2¼
Mar. 5	21737	29 . 19¾	12 . 4	29 . 20 6/7	12 . 3½	− 1	+ ½

Postea vero *Halleius* noster Orbitam, per calculum Arithmeticum, accuratius determinavit quam per descriptiones linearum fieri licuit; & retinuit quidem locum Nodorum in ♋ & ♑ 1 gr. 53′, & Inclinationem plani Orbitæ ad Eclipticam 61 gr. 20′⅓, ut & tempus Perihelii Cometæ *Decemb.* 8^d. 0^h. 4′: distantiam vero Perihelii

helii a Nodo ascendente, in Orbita Cometæ mensuratam, invenit esse 9$^{gr.}$ 20′, & Latus rectum Parabolæ esse 243 partium, existente mediocri Solis a Terra distantia partium 10000. Et ex his datis, calculo itidem Arithmetico accurate instituto, loca Cometæ ad observationum tempora computavit, ut sequitur.

	Tempus verum	Distantia Cometæ a ☉	Long. comp.	Lat. comp.	Errores in Long.	Errores in Lat.
	d. h. ′ ″		gr. ′ ″	gr. ′ ″	′ ″	′ ″
Dec.	12 . 4 . 46 . 0	28028	♑ 6 . 29 . 25	8 . 26 . 0 Bor.	−1 . 56	+0 . 0
	21 . 6 . 36 . 59	61076	♒ 5 . 6 . 30	21 . 43 . 20	−1 . 8	−2 . 10
	24 . 6 . 17 . 52	70008	18 . 48 . 20	25 . 22 . 40	−0 . 50	−0 . 44
	26 . 5 . 20 . 44	75576	28 . 22 . 45	27 . 1 . 36	−1 . 21	+0 . 39
	29 . 8 . 3 . 2	84021	♓ 13 . 12 . 40	28 . 10 . 10	+0 . 55	+0 . 5
	30 . 8 . 10 . 26	86661	17 . 40 . 5	28 . 11 . 20	+1 . 0	+0 . 8
Jan.	5 . 6 . 1 . 38	101440	♈ 8 . 49 . 49	26 . 15 . 15	+0 . 39	−0 . 11
	9 . 7 . 0 . 53	110959	18 . 44 . 36	24 . 12 . 54	+1 . 18	+0 . 12
	10 . 6 . 6 . 10	113162	20 . 41 . 0	23 . 44 . 10	+0 . 3	+0 . 10
	13 . 7 . 8 . 55	120000	26 . 0 . 21	22 . 17 . 30	+0 . 47	−0 . 6
	25 . 7 . 58 . 42	145370	♉ 9 . 33 . 40	17 . 57 . 55	−2 . 8	+1 . 1
	30 . 8 . 21 . 53	155303	13 . 17 . 41	16 . 42 . 7	−1 . 55	+1 . 10
Feb.	2 . 6 . 34 . 51	160951	15 . 11 . 11	16 . 4 . 15	−2 . 37	+2 . 13
	5 . 7 . 4 . 41	166686	16 . 58 . 25	15 . 29 . 13	−1 . 27	+1 . 50
	25 . 8 . 19 . 0	202570	26 . 15 . 46	12 . 48 . 0	−2 . 31	+1 . 8
Mar.	5 . 11 . 21 . 0	216205	29 . 18 . 35	12 . 5 . 40	−2 . 16	+2 . 10

Apparuit etiam hic Cometa mense *Novembri* præcedente, & die undecimo hujus mensis stylo veteri, ad horam quintam matutinam, *Cantuariæ* in *Anglia*, visus fuit in ♍ 12½ cum latitudine boreali 2$^{gr.}$ circiter. Crassissima fuit hæc Observatio: meliores sunt quæ sequuntur.

Nov. 17, st. vet. *Ponthæus* & socii hora sexta matutina *Romæ* (id est, hora 5, 10′ *Londini*) filis ad fixas applicatis Cometam observarunt in ≏ 8. 30′, cum latitudine australi 0$^{gr.}$ 40′. Extant eorum Observationes in tractatu quem *Ponthæus*, de hoc Cometa, in lucem edidit. *Cellius* qui aderat & observationes suas in Epistola ad *D. Cassinum* misit, Cometam eadem hora vidit in ≏ 8$^{gr.}$ 30′ cum latitudine australi 0$^{gr.}$ 30′. Eadem hora *Galletius* etiam Cometam vidit in ≏ 8$^{gr.}$ sine latitudine.

Nov. 18. hora matutina 6. 30′ *Romæ* (id est, hora 5, 40′ *Londini*) *Ponthæus* Cometam vidit in ≏ 13$^{gr.}$ 30′ cum latitudine australi 1$^{gr.}$ 20′. *Cellius* in ≏ 13$^{gr.}$ 00′, cum latitudine australi 1$^{gr.}$ 00′. *Galletius* autem hora matutina 5. 30′ *Romæ*, Cometam vidit in ≏ 13$^{gr.}$ 00′, cum latitudine australi 1$^{gr.}$ 00′. Et *R. P. Ango* in Academia *Flexiensi* apud *Gallos*, hora quinta matutina (id est, hora 5, 9′ *Londini*) Cometam vidit in medio inter stellas

 duas

duas parvas, quarum una media est trium in recta linea in Virginis australi manu, & altera est extrema alæ. Unde Cometa tunc fuit in ♎ 12. 46′, cum latitudine australi 50′. Eodem die *Bostoniæ* in *Nova-Anglia* in Latitudine 42½ graduum, hora quinta matutina, (id est *Londini* hora matutina 9. 44′) Cometa visus est prope ♎ 14, cum latitudine australi 1 gr. 30′, uti a *Cl. Halleio* accepi.

Nov. 19. hora mat. 4½ *Cantabrigiæ*, Cometa (observante juvene quodam) distabat a Spica ♍ quasi 2 gr. Boreazephyrum versus. Eodem die hor. 5. mat. *Bostoniæ* in *Nova-Anglia*, Cometa distabat a Spica ♍ gradu uno, differentia latitudinum existente 40′. Eodem die in Insula *Jamaica*, Cometa distabat a Spica intervallo quasi gradus unius. Et ex his observationibus inter se collatis colligo, quod hora 9. 44′. *Londini*, Cometa erat in ♎ 18 gr. 40′, cum latitudine australi 1 gr. 18′ circiter. Eodem die D. *Arthurus Storer* ad fluvium *Patuxent*, prope *Hunting-Creek* in *Mary-Land*, in confinio *Virginiæ* in Lat. 38½ gr. hora quinta matutina (id est, hora 10ª *Londini*) Cometam vidit supra Spicam ♍, & cum Spica propemodum conjunctum, existente distantia inter eosdem quasi ¾ gr.. Observator idem, eadem hora diei sequentis, Cometam vidit quasi 2 gr. inferiorem Spica. Congruent hæ observationes cum observationibus in *Nova-Anglia* & *Jamaica* factis, si modo distantiæ (pro motu diurno Cometæ) nonnihil augeantur, ita ut Cometa die priore superior esset Spica ♍, altitudine 1 gr. circiter, ac die posteriore inferior eadem stella, altitudine perpendiculari 3 gr. 40′.

Nov. 20. D. *Montenarus* Astronomiæ Professor *Paduensis*, hora sexta matutina *Venetiis* (id est, hora 5. 10′ *Londini*) Cometam vidit in ♎ 23 gr., cum latitudine australi 1 gr. 30′. Eodem die *Bostoniæ*, distabat Cometa a Spica ♍, 4 gr. longitudinis in orientem, adeoque erat in ♎ 23 gr. 24′ circiter.

Nov. 21. *Ponthæus* & socii hor. mat. 7¼ Cometam observarunt in ♎ 27 gr. 50′, cum latitudine australi 1 gr. 16′; *Ango* hora quinta matutina in ♎ 27 gr. 45′, *Montenarus* in ♎ 27 gr. 51′. Eodem die in Insula *Jamaica*, Cometa visus est prope principium Scorpii, eandemque circiter latitudinem habuit cum Spica Virginis, id est, 2 gr. 2′.

Nov. 22. Cometa visus est a *Montenaro* in ♏ 2. 33′. *Bostoniæ* autem in *Nova-Anglia* apparuit in ♏ 3 gr. circiter, eadem fere cum latitudine ac prius, id est, 1 gr. 30′. Eodem die *Londini*, hora

hora mat. 6½ *Hookius* noster Cometam vidit in ♏ 3 gr. 30′ circiter, idque in linea recta quæ transit per Spicam Virginis & Cor Leonis, non exacte quidem, sed a linea illa paululum deflectentem ad boream. *Montenarus* itidem notavit quod linea a Cometa per Spicam ducta, hoc die & sequentibus transibat per australe latus Cordis Leonis, interposito perparvo intervallo inter Cor Leonis & hanc lineam. Linea recta per Cor Leonis & Spicam Virginis transiens, Eclipticam secuit in ♍ 3 gr. 46′, in angulo 2 gr. 51′. Et si Cometa locatus fuisset in hac linea in ♏ 3 gr., ejus latitudo fuisset 2 gr. 26′. Sed cum Cometa consentientibus *Hookio* & *Montenaro*, nonnihil distaret ab hac linea boream versus, latitudo ejus fuit paulo minor. Die 20. ex observatione *Montenari*, latitudo ejus propemodum æquabat latitudinem Spicæ ♍, eratque 1 gr. 30′ circiter, & consentientibus *Hookio*, *Montenaro* & *Angone* perpetuo augebatur, ideoque jam sensibiliter major erat quam 1 gr. 30′. Inter limites autem jam constitutos 2 gr. 26′ & 1 gr. 30′, magnitudine mediocri latitudo erit 1 gr. 58′ circiter. Cauda Cometæ, consentientibus *Hookio* & *Montenaro*, dirigebatur ad Spicam ♍, declinans aliquantulum a Stella ista, juxta *Hookium* in austrum, juxta *Montenarum* in boream; ideoque declinatio illa vix fuit sensibilis, & Cauda Æquatori fere parallela existens, aliquantulum deflectebatur ab oppositione Solis boream versus.

Nov. 24. Ante ortum Solis Cometa visus est a *Montenaro* in ♏ 12 gr. 52′, ad boreale latus rectæ quæ per Cor Leonis & Spicam Virginis ducebatur, ideoque latitudinem habuit paulo minorem quam 2 gr. 38′. Hæc latitudo uti diximus, ex observationibus *Montenari*, *Angonis* & *Hookii*, perpetuo augebatur; ideoque jam paulo major erat quam 1 gr. 58′; & magnitudine mediocri, absque notabili errore, statui potest 2 gr. 18′. Latitudinem *Pontheus* & *Galletius* jam decrevisse volunt, & *Cellius* & Observator in *Nova-Anglia* eandem fere magnitudinem retinuisse, scilicet gradus unius vel unius cum semisse. Crassiores sunt observationes *Ponthæi* & *Cellii*, eæ præsertim quæ per Azimuthos & Altitudines capiebantur, ut & eæ *Galletii*: meliores sunt eæ quæ per positiones Cometæ ad fixas a *Montenaro*, *Hookio*, *Angone* & Observatore in *Nova-Anglia*, & nonnunquam a *Ponthæo* & *Cellio* sunt factæ.

Jam collatis Observationibus inter se, colligere videor quod Cometa hoc mense circulum fere maximum descripsit, secantem Eclipticam in ♍ 25. 12′, idque in angulo 3 gr. 12′ quamproxime. Nam & *Montenarus* Orbitam ab Ecliptica in austrum, tribus saltem

De Mundi Systemate tem gradibus declinasse dicit. Et cognita cursus positione, longitudines Cometæ ex observationibus collectæ, ad incudem jam revocari possunt & melius nonnunquam determinari, ut fit in sequentibus. *Cellius* Novemb. 17. observavit distantiam Cometæ a Spica ♍, æqualem esse distantiæ ejus a stella lucida in dextra ala Corvi: & hinc locandus est Cometa in intersectione hujus circuli quem Cometa motu apparente descripsit, cum circulo maximo qui a fixis illis duabus æqualiter distat, atque adeo in ♎ 7 gr. 54′, cum latitudine australi 43′. Præterea *Montenarus, Novemb.* 20. hora sexta matutina *Venetiis*, Cometam vidit non totis quatuor gradibus distantiam a Spica; dicitque hanc distantiam, vix æquasse distantiam stellarum duarum lucidarum in alis Corvi, vel duarum in juba Leonis, hoc est 3 gr. & 30′ vel 32′. Sit igitur distantia Cometæ a Spica 3 gr. 30′, & Cometa locabitur in ♎ 22 gr. 48′, cum latitudine australi 1 gr. 30′. Adhæc *Montenarus, Novemb.* 21, 22, 24 & 25 ante ortum Solis, Sextante æneo quintupedali ad minuta prima & semiminuta diviso & vitris Telescopicis armato, distantias mensuravit Cometæ a Spica 8 gr. 28′, 13 gr. 10′, 23 gr. 30′, & 28 gr. 13′: & has distantias, per refractionem nondum correctas, addendo longitudini Spicæ, collegit Cometam his temporibus fuisse in ♎ 27 gr. 51′, ♏ 2 gr. 33′, ♏ 12 gr. 52′ & ♏ 17 gr. 45′. Si distantiæ illæ per refractiones corrigantur, & ex distantiis correctis differentiæ longitudinum inter Spicam & Cometam probe deriventur, locabitur Cometa his temporibus in ♎ 27 gr. 52′, ♏ 2 gr. 36′, ♏ 12 gr. 58′ & ♏ 17 gr. 53′ circiter. Latitudines autem ad has longitudines in via Cometæ captas, prodeunt 1 gr. 45′, 1 gr. 58′, 2 gr. 22′ & 2 gr. 31′. Harum quatuor observationum horas matutinas *Montenarus* non posuit. Priores duæ ante horam sextam, posteriores (ob viciniam Solis) post sextam factæ videntur. Die 22, ubi Cometa ex observatione *Montenari* locatur in ♏ 2 gr. 36′, *Hookius* noster eundem locavit in ♏ 3 gr. 30′ ut supra. *Montenarus* in defectu, *Hookius* in excessu errasse videntur. Nam Cometa, ex serie observationum, jam fuit in ♏ 2 gr. 56′ vel ♏ 3 gr. circiter.

Observationum suarum ultimam inter vapores & diluculum captam, *Montenarus* suspectam habebat. Et *Cellius* eodem tempore (id est, *Novem.* 25) Cometam per ejus Altitudinem & Azimuthum locavit in ♏ 15 gr. 47′, cum latitudine australi quasi gradus unius. Sed *Cellius* observavit etiam eodem tempore, quod Cometa erat in linea recta cum stella lucida in dextro femore Vir-

Virginis & cum Lance australi Libræ, & hæc linea secat viam Cometæ in ♏ 18 gr. 36′. *Ponthæus* etiam eodem tempore observavit, quod Cometa erat in recta transeunte per Chelam austrinam Scorpii & per stellam quæ Lancem borealem sequitur: & hæc recta secat viam Cometæ in ♏ 16 gr. 34′. Observavit etiam, quod Cometa erat in recta transeunte per stellam supra Lancem australem Libræ & stellam in principio pedis secundi Scorpii: & hæc recta secat viam Cometæ in ♏ 17 gr. 55′. Et inter longitudines ex his tribus Observationibus sic derivatas, longitudo mediocris est ♏ 17 gr. 42′, quæ cum observatione *Montenari* satis congruit.

Erravit igitur *Cellius* jam locando Cometam in ♏ 15 gr. 47′, per ejus Azimuthum & Altitudinem. Et similibus Azimuthorum & Altitudinum observationibus, *Cellius* & *Ponthæus* non minus erraverunt locando Cometam in ♏ 20 & ♏ 24 diebus duobus sequentibus, ubi stellæ fixæ ob diluculum vix aut ne vix quidem apparuere. Et corrigendæ sunt hæ observationes per additionem duorum graduum, vel duorum cum semisse.

Ex omnibus autem Observationibus inter se collatis & ad meridianum *Londini* reductis, colligo Cometam hujusmodi cursum quamproxime descripsisse.

Temp. med. st. vet.	Long. Cometæ	Lat. Cometæ
d. h. ′	gr. ′	gr. ′
Nov. 16 . 17 . 10	♎ 8 . 0	0 . 44 Aust.
17 . 17 . 10	12 . 52	1 . 0
18 . 21 . 44	18 . 40	1 . 18
19 . 17 . 10	22 . 48	1 . 30
20 . 17 fere	27 . 52	1 . 45
21 . 17 fere	♏ 2 . 56	1 . 58
23 . 17¼ fere	12 . 58	2 . 20
24 . 17½ fere	17 . 53	2 . 29
26 . 18 . 00	26 vel 27 gr.	2 . 42

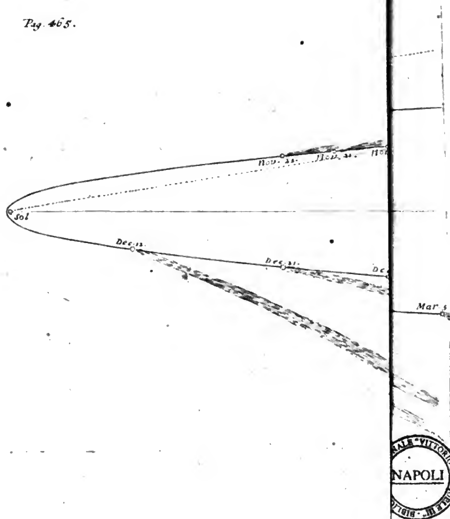
Loca autem Cometæ in Orbe Parabolico computata, ita se habent.

Temp. verum	Dist. Com. a ☉	Long. comp.	Lat. comp.
d. h. ′		gr. ′ ″	gr. ′ ″
Nov. 16 . 17 . 0	83920	♎ 8 . 0 . 25	0 . 43 . 20 Aust.
18 . 21 . 34	78020	18 . 41 . 50	1 . 17 . 30
20 . 16 . 50	73012	27 . 59 . 40	1 . 44 . 25
23 . 17 . 5	64206	♏ 13 . 19 . 15	2 . 21 . 8
26 . 17 . 0	54799	26 . 46 . 30	2 . 42 . 30

Congruunt igitur Obſervationes Aſtronomicæ, tam menſe *Novembri* quam menſibus quatuor ſequentibus, cum motu Cometæ circum Solem in Trajectoria hacce Parabolica, atque adeo unum & eundem Cometam fuiſſe, qui menſe *Novembri* ad Solem deſcendit, & menſibus ſequentibus ab eodem aſcendit, abunde confirmant, ut & hunc Cometam in Trajectoria hacce Parabolica delatum fuiſſe quamproxime. Menſibus *Decembri*, *Januario*, *Februario* & *Martio*, ubi Obſervationes hujus Cometæ ſunt ſatis accuratæ, congruunt eædem cum motu ejus in hac Trajectoria, non minus accurate quam obſervationes Planetarum congruere ſolent cum eorum Theoriis. Menſe *Novembri*, ubi obſervationes ſunt craſſæ, errores non ſunt majores quam qui craſſitudini obſervationum tribuantur. Trajectoria Cometæ bis ſecuit planum Eclipticæ, & propterea non fuit rectilinea. Eclipticam ſecuit non in oppoſitis cœli partibus, ſed in fine Virginis & principio Capricorni, intervallo graduum 98 circiter; ideoque curſus Cometæ plurimum deflectebatur a Circulo maximo. Nam & menſe *Novembri* curſus ejus tribus ſaltem gradibus ab Ecliptica in auſtrum declinabat, & poſtea menſe *Decembri* gradibus 29 vergebat ab Ecliptica in ſeptentrionem, partibus duabus Orbitæ in quibus Cometa tendebat in Solem & redibat a Sole, angulo apparente graduum plus triginta ab invicem declinantibus, ut obſervavit *Montenarus*. Pergebat hic Cometa per ſigna fere novem, a Virginis ſcilicet duodecimo gradu ad principium Geminorum, præter ſignum Leonis per quod pergebat antequam videri cœpit: & nulla alia extat Theoria, qua Cometa tantam Cœli partem motu regulari percurrat. Motus ejus fuit maxime inæquabilis. Nam circa diem vigeſimum *Novembris*, deſcripſit gradus circiter quinque ſingulis diebus; dein motu retardato inter *Novemb.* 26 & *Decemb.* 12, ſpatio ſcilicet dierum quindecim cum ſemiſſe, deſcripſit gradus tantum 40; poſtea vero motu iterum accelerato, deſcripſit gradus fere quinque ſingulis diebus, antequam motus iterum retardari cœpit. Et Theoria quæ motui tam inæquabili per maximam cœli partem probe reſpondet, quæque eaſdem obſervat leges cum Theoria Planetarum, & cum accuratis obſervationibus Aſtronomicis accurate congruit, non poteſt non eſſe vera. Cometa tamen ſub finem motus deviabat aliquantulum ab hac Trajectoria Parabolica verſus axem Parabolæ, ut ex erroribus minuti unius primi duorumve in latitudinem menſe *Februario* & *Martio* conſpirantibus, colligere videor; & propterea in Orbe Elliptico



Pag. 465.



liptico circum Solem movebatur, spatio annorum plusquam quingentorum, quantum ex erroribus illis judicare licuit, revolutionem peragens.

Cæterum Trajectoriam quam Cometa descripsit, & Caudam veram quam singulis in locis projecit, visum est annexo schemate in plano Trajectoriæ optice delineatas exhibere: Observationibus sequentibus in Cauda definienda adhibitis.

Nov. 17 Cauda gradus amplius quindecim longa *Ponthæo* apparuit. *Nov.* 18 Cauda 30^gr. longa, Solique directe opposita in *Nova-Anglia* cernebatur, & protendebatur usque ad stellam ♂, quæ tunc erat in ♍ 9^gr. 54'. *Nov.* 19 in *Mary-Land* cauda visa fuit gradus 15 vel 20 longa. *Dec.*10 Cauda (observante *Flamstedio*) transibat per medium distantiæ inter caudam serpentis Ophiuchi & stellam δ in Aquilæ australi ala, & desinebat prope stellas *A*, *ω*, *b* in Tabulis *Bayeri*. Terminus igitur erat in ♑ 19½^gr. cum latitudine boreali 34¼^gr. circiter. *Dec.* 11 surgebat ad usque caput Sagittæ (*Bayero*, *α*, *β*,) desinens in ♑ 26^gr. 43', cum latitudine boreali 38^gr. 34'. *Dec.* 12 transibat per medium Sagittæ, nec longe ultra protendebatur, desinens in ♒ 4^gr., cum latitudine boreali 42½^gr. circiter. Intelligenda sunt hæc de longitudine caudæ clarioris. Nam luce obscuriore, in cœlo forsan magis sereno, cauda *Dec.* 12, hora 5, 40' *Romæ* (observante *Ponthæo*) supra Cygni Uropygium ad gradus 10 sese extulit; atque ab hac stella ejus latus ad occasum & boream min. 45 destitit. Lata autem erat cauda his diebus gradus 3, juxta terminum superiorem, ideoque medium ejus distabat a Stella illa 2^gr 15' austrum versus, & terminus superior erat in ♓ 22^gr. cum latitudine boreali 61^gr.. *Dec.* 21 surgebat fere ad cathedram *Cassiopeiæ*, æqualiter distans a *β* & *Schedir*, & distantiam ab utraque distantiæ earum ab invicem æqualem habens, adeoque desinens in ♓ 24^gr. cum latitudine 47½^gr.. *Dec.* 29 tangebat *Scheat* sitam ad sinistram, & intervallum stellarum duarum in pede boreali *Andromedæ* accurate complebat, & longa erat 54^gr. adeoque desinebat in ♉ 19^gr. cum latitudine 35^gr.. *Jan.* 5 tetigit stellam *π* in pectore *Andromedæ*, ad latus suum dextrum, & stellam *μ* in ejus cingulo ad latus sinistrum; & (juxta Observationes nostras) longa erat 40^gr. curva autem erat & convexo latere spectabat ad austrum. Cum circulo per Solem & caput Cometæ transeunte angulum confecit graduum 4 juxta caput Cometæ; at juxta terminum alterum inclinabatur ad circulum illum in angulo 10 vel 11 graduum, & chorda caudæ cum circulo illo continebat angulum graduum

Ooo octo.

De Mundi Systemate octo. *Jan.* 13 Cauda luce satis sensibili terminabatur inter *Alamech* & *Algol*, & luce tenuissima desinebat e regione stellæ κ in latere *Persei*. Distantia termini caudæ a circulo Solem & Cometam jungente erat $3^{gr.} 50'$, & inclinatio chordæ caudæ ad circulum illum $8\frac{1}{2}^{gr.}$. *Jan.* 25 & 26 luce tenui micabat ad longitudinem graduum 6 vel 7; & ubi cœlum valde serenum erat, luce tenuissima & ægerrime sensibili attingebat longitudinem graduum duodecim & paulo ultra. Dirigebatur autem ejus axis ad Lucidam in humero orientali Aurigæ accurate, adeoque declinabat ab oppositione Solis boream versus in angulo graduum decem. Denique *Feb.* 10 Caudam oculis armatis aspexi gradus duos longam. Nam lux prædicta tenuior per vitra non apparuit. *Ponthæus* autem *Feb.* 7 se caudam ad longitudinem graduum 12 vidisse scribit.

Orbem jam descriptum spectanti & reliqua Cometæ hujus Phænomena in animo revolventi, haud difficulter constabit quod corpora Cometarum sunt solida, compacta, fixa ac durabilia ad instar corporum Planetarum. Nam si nihil aliud essent quam vapores vel exhalationes Terræ, Solis & Planetarum, Cometa hicce in transitu suo per viciniam Solis statim dissipari debuisset. Est enim calor Solis ut radiorum densitas, hoc est, reciproce ut quadratum distantiæ locorum a Sole. Ideoque cum distantia Cometæ a centro Solis *Decemb.* 8 ubi in Perihelio versabatur, esset ad distantiam Terræ a centro Solis ut 6 ad 1000 circiter, calor Solis apud Cometam eo tempore erat ad calorem Solis æstivi apud nos ut 1000000 ad 36, seu 28000 ad 1. Sed calor aquæ ebullientis est quasi triplo major quam calor quem terra arida concipit ad æstivum Solem, ut expertus sum: & calor ferri candentis (si recte conjector) quasi triplo vel quadruplo major quam calor aquæ ebullientis; adeoque calor quem terra arida apud Cometam in Perihelio versantem ex radiis Solaribus concipere posset, quasi 2000 vicibus major quam calor ferri candentis. Tanto autem calore vapores & exhalationes, omnisque materia volatilis statim consumi ac dissipari debuissent.

Cometa igitur in Perihelio suo calorem immensum ad Solem concepit, & calorem illum diutissime conservare potest. Nam globus ferri candentis digitum unum latus, calorem suum omnem spatio horæ unius in aere consistens vix amitteret. Globus autem major calorem diutius conservaret in ratione diametri, propterea quod superficies (ad cujus mensuram per contactum aeris ambientis

entis refrigeratur) in illa ratione minor est pro quantitate materiæ suæ calidæ inclusæ. Ideoque globus ferri candentis huic Terræ æqualis, id est, pedes plus minus 40000000 latus, diebus totidem, & idcirco annis 50000, vix refrigesceret. Suspicor tamen quod duratio Caloris, ob causas latentes, augeatur in minore ratione quam ea diametri: & optarim rationem veram per experimenta investigari. LIBER TERTIUS.

Porro notandum est quod Cometa Mense *Decembri*, ubi ad Solem modo incaluerat, caudam emittebat longe majorem & splendidiorem quam antea Mense *Novembri*, ubi Perihelium nondum attigerat. Et universaliter caudæ omnes maximæ & fulgentissimæ e Cometis oriuntur, statim post transitum eorum per regionem Solis. Conducit igitur calefactio Cometæ ad magnitudinem caudæ. Et inde colligere videor quod cauda nihil aliud sit quam vapor longe tenuissimus, quem caput seu nucleus Cometæ per calorem suum emittit.

Cæterum de Cometarum caudis triplex est opinio; eas vel jubar esse Solis per translucida Cometarum capita propagatum, vel oriri ex refractione lucis in progressu ipsius a capite Cometæ in Terram, vel denique nubem esse seu vaporem a capite Cometæ jugiter surgentem & abeuntem in partes a Sole aversas. Opinio prima eorum est qui nondum imbuti sunt scientia rerum Opticarum. Nam jubar Solis in cubiculo tenebroso non cernitur, nisi quatenus lux reflectitur e pulverum & fumorum particulis per aerem semper volitantibus: adeoque in aere fumis crassioribus infecto splendidius est, & sensum fortius ferit; in aere clariore tenuius est & ægrius sentitur: in cœlis autem absque materia reflectente nullum esse potest. Lux non cernitur quatenus in jubare est, sed quatenus inde reflectitur ad oculos nostros. Nam visio non fit nisi per radios qui in oculos impingunt. Requiritur igitur materia aliqua reflectens in regione caudæ, ne cœlum totum luce Solis illustratum uniformiter splendeat. Opinio secunda multis premitur difficultatibus. Caudæ nunquam variegantur coloribus: qui tamen refractionum solent esse comites inseparabiles. Lux Fixarum & Planetarum distincte ad nos transmissa, demonstrat medium cœleste nulla vi refractiva pollere. Nam quod dicitur Fixas ab *Ægyptiis* comatas nonnunquam visas fuisse, id quoniam rarissime contingit, ascribendum est nubium refractioni fortuitæ. Fixarum quoque radiatio & scintillatio ad refractiones tum Oculorum tum Aeris tremuli referendæ sunt: quippe quæ admotis oculo Telescopiis

 evane-

evanescunt, Aeris & ascendentium vaporum tremore fit ut radii facile de angusto pupillæ spatio per vices detorqueantur, de latiore autem vitri objectivi apertura neutiquam. Inde est quod scintillatio in priori casu generetur, in posteriore autem cesset: & cessatio in posteriore casu demonstrat regularem transmissionem lucis per cœlos absque omni refractione sensibili. Nequis contendat quod caudæ non soleant videri in Cometis cum eorum lux non est satis fortis, quia tunc radii secundarii non habent satis virium ad oculos movendos, & propterea caudas Fixarum non cerni: sciendum est quod lux Fixarum plus centum vicibus augeri potest mediantibus Telescopiis, nec tamen caudæ cernuntur. Planetarum quoque lux copiosior est, caudæ vero nullæ: Cometæ autem sæpe caudatissimi sunt, ubi capitum lux tenuis est & valde obtusa: sic enim Cometa Anni 1680, Mense *Decembri*, quo tempore caput luce sua vix æquabat stellas secundæ magnitudinis, caudam emittebat splendore notabili usque ad gradus 40, 50, 60 longitudinis & ultra: postea *Jan.* 27 & 28 caput apparebat ut stella septimæ tantum magnitudinis, cauda vero luce quidem pertenui sed satis sensibili longa erat 6 vel 7 gradus, & luce obscurissima, quæ cerni vix posset, porrigebatur ad gradum usque duodecimum vel paulo ultra: ut supra dictum est. Sed & *Feb.* 9 & 10 ubi caput nudis oculis videri desierat, caudam gradus duos longam per Telescopium contemplatus sum. Porro si cauda oriretur ex refractione materiæ cœlestis, & pro figura cœlorum deflecteretur de Solis oppositione, deberet deflexio illa in iisdem cœli regionibus in eandem semper partem fieri. Atqui Cometa Anni 1680 *Decemb.* 28. hora $8\frac{1}{2}$ P. M. *Londini*, versabatur in ♓ $8^{gr.}\ 41'$ cum latitudine boreali $28^{gr.}\ 6'$, Sole existente in ♑ $18^{gr.}\ 26'$. Et Cometa Anni 1577, *Dec.* 29 versabatur in ♓ $8^{gr.}\ 41'$ cum latitudine boreali $28^{gr.}\ 40'$, Sole etiam existente in ♑ $18^{gr.}\ 26'$ circiter. Utroque in casu Terra versabatur in eodem loco, & Cometa apparebat in eadem cœli parte: in priori tamen casu cauda Cometæ (ex meis & aliorum Observationibus) declinabat angulo graduum $4\frac{1}{2}$ ab oppositione Solis aquilonem versus; in posteriore vero (ex Observationibus *Tychonis*) declinatio erat graduum 21 in austrum. Igitur repudiata cœlorum refractione, superest ut Phænomena Caudarum ex materia aliqua reflectente deriventur.

Caudas autem a capitibus oriri & in regiones a Sole aversas ascendere confirmatur ex legibus quas observant. Ut quod in planis

planis Orbium Cometarum per Solem transeuntibus jacentes, deviant ab oppositione Solis in eas semper partes, quas capita in Orbibus illis progredientia relinquunt. Quod spectatori in his planis constituto apparent in partibus a Sole directe aversis; digrediente autem spectatore de his planis, deviatio paulatim sentitur, & indies apparet major. Quod deviatio cæteris paribus minor est ubi cauda obliquior est ad Orbem Cometæ, ut & ubi caput Cometæ ad Solem propius accedit; præsertim si spectetur deviationis angulus juxta caput Cometæ. Præterea quod caudæ non deviantes apparent rectæ, deviantes autem incurvantur. Quod curvatura major est ubi major est deviatio, & magis sensibilis ubi cauda cæteris paribus longior est: nam in brevioribus curvatura ægre animadvertitur. Quod deviationis angulus minor est juxta caput Cometæ, major juxta caudæ extremitatem alteram, atque adeo quod cauda convexo sui latere partes respicit a quibus fit deviatio, quæque in recta sunt linea a Sole per caput Cometæ in infinitum ducta. Et quod caudæ quæ prolixiores sunt & latiores, & luce vegetiore micant, sint ad latera convexa paulo splendidiores & limite minus indistincto terminatæ quam ad concava. Pendent igitur Phænomena caudæ a motu capitis, non autem a regione cœli in qua caput conspicitur; & propterea non fiunt per refractionem cœlorum, sed a capite suppeditante materiam oriuntur. Etenim ut in Aere nostro fumus corporis cujusvis igniti petit superiora, idque vel perpendiculariter si corpus quiescat, vel oblique si corpus moveatur in latus: ita in Cœlis ubi corpora gravitant in Solem, fumi & vapores ascendere debent à Sole (uti jam dictum est) & superiora vel recta petere, si corpus fumans quiescit; vel oblique, si corpus progrediendo loca semper deserit a quibus superiores vaporis partes ascenderant. Et obliquitas ista minor erit ubi ascensus vaporis velocior est: nimirum in vicinia Solis & juxta corpus fumans. Ex obliquitatis autem diversitate incurvabitur vaporis columna: & quia vapor in columnæ latere præcedente paulo recentior est, ideo etiam is ibidem aliquanto densior erit, lucemque propterea copiosius reflectet, & limite minus indistincto terminabitur. De Caudarum agitationibus subitaneis & incertis, deque earum figuris irregularibus, quas nonnulli quandoque describunt, hic nihil adjicio; propterea quod vel a mutationibus Aeris nostri, & motibus nubium caudas aliqua ex parte obscurantium oriantur; vel forte a partibus Viæ Lacteæ, quæ cum caudis prætereuntibus confundi possint, ac tanquam earum partes spectari.

Vapo-

Vapores autem, qui ſpatiis tam immenſis implendis ſufficiant, ex Cometarum Atmoſphæris oriri poſſe, intelligetur ex raritate Aeris noſtri. Nam Aer juxta ſuperficiem Terræ ſpatium occupat quaſi 850 partibus majus quam Aqua ejuſdem ponderis, ideoque Aeris columna cylindrica pedes 850 alta, ejuſdem eſt ponderis cum Aquæ columna pedali latitudinis ejuſdem. Columna autem Aeris ad ſummitatem Atmoſphæræ aſſurgens æquat pondere ſuo columnam Aquæ pedes 33 altam circiter; & propterea ſi columnæ totius Aereæ pars inferior pedum 850 altitudinis dematur, pars reliqua ſuperior æquabit pondere ſuo columnam Aquæ altam pedes 32. Inde vero (ex Hypotheſi multis experimentis confirmata, quod compreſſio Aeris ſit ut pondus Atmoſphæræ incumbentis, quodque gravitas ſit reciproce ut quadratum diſtantiæ locorum a centro Terræ) computationem per Corol. Prop. XXII. Lib. II. ineundo, inveni quod Aer, ſi aſcendatur a ſuperficie Terræ ad altitudinem ſemidiametri unius terreſtris, rarior ſit quam apud nos in ratione longe majori, quam ſpatii omnis infra Orbem Saturni ad globum diametro digiti unius deſcriptum. Ideoque globus Aeris noſtri digitum unum latus, ea cum raritate quam haberet in altitudine ſemidiametri unius terreſtris, impleret omnes Planetarum regiones ad uſque ſphæram Saturni & longe ultra. Proinde cum Aer adhuc altior in immenſum rareſcat; & coma ſeu Atmoſphæra Cometæ, aſcendendo ab illius centro, quaſi decuplo altior ſit quam ſuperficies nuclei, deinde cauda adhuc altius aſcendat, debebit cauda eſſe quam rariſſima. Et quamvis, ob longe craſſiorem Cometarum Atmoſphæram, magnamque corporum gravitationem Solem verſus, & gravitationem particularum Aeris & vaporum in ſe mutuo, fieri poſſit ut Aer in ſpatiis cœleſtibus inque Cometarum caudis non adeo rareſcat; perexiguam tamen quantitatem Aeris & vaporum, ad omnia illa caudarum Phænomena abunde ſufficere, ex hac computatione perſpicuum eſt. Nam & caudarum inſignis raritas colligitur ex aſtris per eas tranſlucentibus. Atmoſphæra terreſtris luce Solis ſplendens, craſſitudine ſua paucorum milliarium, & aſtra omnia & ipſam Lunam obſcurat & extinguit penitus: per immenſam vero caudarum craſſitudinem, luce pariter Solari illuſtratam, aſtra minima abſque claritatis detrimento tranſlucere noſcuntur. Neque major eſſe ſolet caudarum plurimarum ſplendor, quam Aeris noſtri in tenebroſo cubiculo latitudine digiti unius duorumve, lucem Solis in jubare reflectentis.

Quo

Quo temporis spatio vapor a capite ad terminum caudæ ascendit, cognosci fere potest ducendo rectam a termino caudæ ad Solem, & notando locum ubi recta illa Trajectoriam secat. Nam vapor in termino caudæ, si recta ascendat a Sole, ascendere cœpit a capite quo tempore caput erat in loco intersectionis. At vapor non recta ascendit à Sole, sed motum Cometæ, quem ante ascensum suum habebat, retinendo, & cum motu ascensus sui eundem componendo, ascendit oblique. Unde verior erit Problematis solutio, ut recta illa quæ Orbem secat, parallela sit longitudini caudæ, vel potius (ob motum curvilineum Cometæ) ut eadem a linea caudæ divergat. Hoc pacto inveni quod vapor qui erat in termino caudæ *Jan.* 25, ascendere cœperat a capite ante *Dec.* 11, adeoque ascensu suo toto dies plus 45 consumpserat. At cauda illa omnis quæ *Dec.* 10 apparuit, ascenderat spatio dierum illorum duorum, qui a tempore Perihelii Cometæ elapsi fuerant. Vapor igitur sub initio in vicinia Solis celerrime ascendebat, & postea cum motu per gravitatem suam semper retardato ascendere pergebat; & ascendendo augebat longitudinem caudæ: cauda autem quamdiu apparuit ex vapore fere omni constabat qui a tempore Perihelii ascenderat; & vapor, qui primus ascendit, & terminum caudæ composuit, non prius evanuit quam ob nimiam suam tam a Sole illustrante quam ab oculis nostris distantiam videri desiit. Unde etiam caudæ Cometarum aliorum quæ breves sunt, non ascendunt motu celeri & perpetuo a capitibus & mox evanescunt, sed sunt permanentes vaporum & exhalationum columnæ, a capitibus lentissimo multorum dierum motu propagatæ, quæ, participando motum illum capitum quem habuere sub initio, per cœlos una cum capitibus moveri pergunt. Et hinc rursus colligitur spatia cœlestia vi resistendi destitui; utpote in quibus non solum solida Planetarum & Cometarum corpora, sed etiam rarissimi caudarum vapores motus suos velocissimos liberrime peragunt ac diutissime conservant.

Ascensum caudarum ex Atmosphæris capitum & progressum in partes a Sole aversas *Keplerus* ascribit actioni radiorum lucis materiam caudæ secum rapientium. Et auram longe tenuissimam in spatiis liberrimis actioni radiorum cedere, non est a ratione prorsus alienum, non obstante quod substantiæ crassæ, impeditissimis in regionibus nostris, a radiis Solis sensibiliter propelli nequeant. Alius particulas tam leves quam graves dari posse existimat, & materiam caudarum levitare, perque levitatem suam a Sole ascendere.

dere. Cum autem gravitas corporum terrestrium sit ut materia in corporibus, ideoque servata quantitate materiæ intendi & remitti nequeat, suspicor ascensum illum ex rarefactione materiæ caudarum potius oriri. Ascendit fumus in camino impulsu Aeris cui innatat. Aer ille per calorem rarefactus ascendit, ob diminutam suam gravitatem specificam, & fumum implicatum rapit secum. Quidni cauda Cometæ ad eundem modum ascenderit a Sole? Nam radii Solares non agitant Media quæ permeant, nisi in reflexione & refractione. Particulæ reflectentes ea actione calefactæ calefacient auram ætheream cui implicantur. Illa calore sibi communicato rarefiet, & ob diminutam ea raritate gravitatem suam specificam qua prius tendebat in Solem, ascendet & secum rapiet particulas reflectentes ex quibus cauda componitur: Ad ascensum vaporum conducit etiam quod hi gyrantur circa Solem & ea actione conantur a Sole recedere, at Solis Atmosphæra & materia cœlorum vel plane quiescit, vel motu solo quem a Solis rotatione acceperint, tardius gyratur. Hæ sunt causæ ascensus caudarum in vicinia Solis, ubi Orbes curviores sunt, & Cometæ intra densiorem & ea ratione graviorem Solis Atmosphæram consistunt, & caudas quam longissimas mox emittunt. Nam caudæ quæ tunc nascuntur, conservando motum suum & interea versus Solem gravitando, movebuntur circa Solem in Ellipsibus pro more capitum, & per motum illum capita semper comitabuntur & iis liberrime adhærebunt. Gravitas enim vaporum in Solem non magis efficiet ut caudæ postea decidant a capitibus Solem versus, quam gravitas capitum efficere possit ut hæc decidant a caudis. Communi gravitate vel simul in Solem cadunt, vel simul in ascensu suo retardabuntur; adeoque gravitas illa non impedit, quo minus caudæ & capita positionem quamcunque ad invicem a causis jam descriptis, aut aliis quibuscunque, facillime accipiant & postea liberrime servent.

Caudæ igitur quæ in Cometarum Periheliis nascuntur, in regiones longinquas cum eorum capitibus abibunt, & vel inde post longam annorum seriem cum iisdem ad nos redibunt, vel potius ibi rarefactæ paulatim evanescent. Nam postea in descensu capitum ad Solem caudæ novæ breviusculæ lento motu a capitibus propagari debebunt, & subinde, in Periheliis Cometarum illorum qui adusque Atmosphæram Solis descendunt, in immensum augeri. Vapor enim in spatiis illis liberrimis perpetuo rarescit ac dilatatur. Qua ratione fit ut cauda omnis ad extremitatem superiorem

riorem latior sit quam juxta caput Cometæ. Ea autem rarefactione vaporem perpetuo dilatatum diffundi tandem & spargi per cœlos universos, deinde paulatim in Planetas per gravitatem suam attrahi & cum eorum Atmosphæris misceri, rationi consentaneum videtur. Nam quemadmodum Maria ad constitutionem Terræ hujus omnino requiruntur, idque ut ex iis per calorem Solis vapores copiose satis excitentur, qui vel in nubes coacti decidant in pluviis, & terram omnem ad procreationem vegetabilium irrigent & nutriant; vel in frigidis montium verticibus condensati (ut aliqui cum ratione philosophantur) decurrant in fontes & flumina: sic ad conservationem marium & humorum in Planetis, requiri videntur Cometæ, ex quorum exhalationibus & vaporibus condensatis, quicquid liquoris per vegetationem & putrefactionem consumitur & in terram aridam convertitur, continuo suppleri & refici possit. Nam vegetabilia omnia ex liquoribus omnino crescunt, dein magna ex parte in terram aridam per putrefactionem abeunt, & limus ex liquoribus putrefactis perpetuo decidit. Hinc moles Terræ aridæ indies augetur, & liquores, nisi aliunde augmentum sumerent, perpetuo decrescere deberent, ac tandem deficere. Porro suspicor Spiritum illum, qui Aeris nostri pars minima est sed subtilissima & optima, & ad rerum omnium vitam requiritur, ex Cometis præcipue venire.

Atmosphæræ Cometarum in descensu eorum in Solem, excurrendo in caudas, diminuuntur, & (ea certe in parte quæ Solem respicit) angustiores redduntur: & vicissim in recessu eorum a Sole, ubi jam minus excurrunt in caudas, ampliantur; si modo Phænomena eorum *Hevelius* recte notavit. Minimæ autem apparent ubi capita jam modo ad Solem calefacta in caudas maximas & fulgentissimas abiere, & nuclei fumo forsan crassiore & nigriore in Atmosphærarum partibus infimis circundantur. Nam fumus omnis ingenti calore excitatus, crassior & nigrior esse solet. Sic caput Cometæ de quo egimus, in æqualibus a Sole ac Terra distantiis, obscurius apparuit post Perihelium suum quam antea. Mense enim *Decembri* cum stellis tertiæ magnitudinis conferri solebat, at Mense *Novembri* cum stellis primæ & secundæ. Et qui utrumque viderant, majorem describunt Cometam priorem. Nam Juveni cuidam *Cantabrigiensi*, *Novemb.* 19, Cometa hicce luce sua quantumvis plumbea & obtusa, æquabat Spicam Virginis, & clarius micabat quam postea. Et *D. Storer* literis quæ in manus nostras incidere, scripsit caput ejus Mense *Decembri*, ubi caudam

maximam & fulgentissimam emittebat, parvum esse & magnitudine visibili longe cedere Cometæ, qui Mense *Novembri* ante Solis ortum apparuerat. Cujus rei rationem esse conjectabatur, quod materia capitis sub initio copiosior esset, & paulatim consumeretur.

Eodem spectare videtur quod capita Cometarum aliorum, qui caudas maximas & fulgentissimas emiserunt, apparuerint subobscura & exigua. Nam Anno 1668 *Mart.* 5. St. nov. hora septima vespertina *R. P. Valentinus Estancius*, *Brasiliæ* agens, Cometam vidit Horizonti proximum ad occasum Solis brumalem, capite minimo & vix conspicuo, cauda vero supra modum fulgente, ut stantes in littore speciem ejus e mari reflexam facile cernerent. Speciem utique habebat trabis splendentis longitudine 23 graduum, ab occidente in austrum vergens, & Horizonti fere parallela. Tantus autem splendor tres solum dies durabat, subinde notabiliter decrescens; & interea decrescente splendore aucta est magnitudine cauda. Unde etiam in *Portugallia* quartam fere cœli partem (id est, gradus 45) occupasse dicitur, ab occidente in orientem splendore cum insigni protensa; nec tamen tota apparuit, capite semper in his regionibus infra Horizontem delitescente. Ex incremento caudæ & decremento splendoris manifestum est quod caput a Sole recessit, eique proximum fuit sub initio, pro more Cometæ anni 1680. Et similis legitur Cometa anni 1101 vel 1106, *cujus Stella erat parva & obscura* (ut ille anni 1680) *sed splendor qui ex ea exivit valde clarus & quasi ingens trabs ad Orientem & Aquilonem tendebat*, ut habet *Hevelius* ex *Simeone Dunelmensi* Monacho. Apparuit initio Mensis *Februarii*, circa vesperam, ad occasum Solis brumalem. Inde vero & ex situ caudæ colligitur caput fuisse Soli vicinum. *A Sole*, inquit Matthæus Parisiensis, *distabat quasi cubito uno, ab hora tertia* [rectius sexta] *usque ad horam nonam radium ex se longum emittens*. Talis etiam erat ardentissimus ille Cometa ab *Aristotele* descriptus Lib. I. Meteor. 6. *cujus caput primo die non conspectum est, eo quod ante Solem vel saltem sub radiis solaribus occidisset, sequente vero die quantum potuit visum est. Nam quam minima fieri potest distantia Solem reliquit, & mox occubuit. Ob nimium ardorem* [caudæ scilicet] *nondum apparebat capitis sparsus ignis, sed procedente tempore* (ait Aristoteles) *cum* [cauda] *jam minus flagraret, reddita est* [capiti] *Cometæ sua facies. Et splendorem suum ad tertiam usque cœli partem* [id est, ad 60 gr.] *extendit. Apparuit autem tempore*

tempore hyberno, & âscendens usque ad cingulum Orionis ibi evanuit. Cometa ille anni 1618, qui e radiis Solaribus caudatissimus emersit, stellas primæ magnitudinis æquare vel paulo superare videbatur, sed majores apparuere Cometæ non pauci qui caudas breviores habuere. Horum aliqui Jovem, alii Venerem vel etiam Lunam æquasse traduntur.

Diximus Cometas esse genus Planetarum in Orbibus valde eccentricis circa Solem revolventium. Et quemadmodum e Planetis non caudatis, minores esse solent qui in Orbibus minoribus & Soli propioribus gyrantur, sic etiam Cometas, qui in Periheliis suis ad Solem propius accedunt, ut plurimum minores esse, ne Solem attractione sua nimis agitent, rationi consentaneum videtur. Orbium vero transversas diametros & revolutionum tempora periodica, ex collatione Cometarum in iisdem Orbibus post longa temporum intervalla redeuntium, determinanda relinquo. Interea huic negotio Propositio sequens lumen accendere potest.

PROPOSITIO XLII. PROBLEMA XXII.

Trajectoriam Cometæ Graphice inventam corrigere.

Oper. 1. Assumatur positio plani Trajectoriæ, per Propositionem superiorem Graphice inventa; & seligantur tria loca Cometæ observationibus accuratissimis definita, & ab invicem quam maxime distantia; sitque A tempus inter primam & secundam, ac B tempus inter secundam ac tertiam. Cometam autem in eorum aliquo in Perigæo versari convenit, vel saltem non longe a Perigæo abesse. Ex his locis apparentibus inveniantur, per operationes Trigonometricas, loca tria vera Cometæ in assumpto illo plano Trajectoriæ. Deinde per loca illa inventa, circa centrum Solis ceu umbilicum, per operationes Arithmeticas, ope Prop. XXI. Lib. I. institutas, describatur Sectio Conica: & ejus areæ, radiis a Sole ad loca inventa ductis terminatæ, sunto D & E; nempe D area inter observationem primam & secundam, & E area inter secundam ac tertiam. Sitque T tempus totum quo area tota $D+E$, velocitate Cometæ per Prop. XVI. Lib. I. inventa, describi debet.

Oper. 2. Augeatur longitudo Nodorum Plani Trajectoriæ, additis ad longitudinem illam 20′ vel 30′, quæ dicantur P; & servetur plani illius inclinatio ad planum Eclipticæ. Deinde ex

prædictis tribus Cometæ locis observatis, inveniantur in hoc novo plano loca tria vera (ut supra:) deinde etiam Orbis per loca illa transiens, & ejusdem areæ duæ inter observationes descriptæ, quæ sint d & e, nec non tempus totum t quo area tota $d+e$ describi debeat.

Oper. 3. Servetur Longitudo Nodorum in operatione prima, & augeatur inclinatio Plani Trajectoriæ ad planum Eclipticæ, additis ad inclinationem illam 20′ vel 30′, quæ dicantur Q. Deinde ex observatis prædictis tribus Cometæ locis apparentibus, inveniantur in hoc novo Plano loca tria vera, Orbisque per loca illa transiens, ut & ejusdem areæ duæ inter observationes descriptæ, quæ sint δ & ϵ, & tempus totum τ quo area tota $\delta+\epsilon$ describi debeat.

Jam sit C ad 1 ut A ad B, & G ad 1 ut D ad E, & g ad 1 ut d ad e, & γ ad 1 ut δ ad ϵ; sitque S tempus verum inter observationem primam ac tertiam; & signis + & − probe observatis quærantur numeri m & n, ea lege, ut sit $2G-2C=mG-mg+nG-n\gamma$, & $2T-2S$ æquale $mT-mt+nT-n\tau$. Et si, in operatione prima, I designet inclinationem plani Trajectoriæ ad planum Eclipticæ, & K longitudinem Nodi alterutrius, erit $I+nQ$ vera inclinatio Plani Trajectoriæ ad Planum Eclipticæ, & $K+mP$ vera longitudo Nodi. Ac denique si in operatione prima, secunda ac tertia, quantitates R, r & ϱ designent Latera recta Trajectoriæ, & quantitates $\frac{1}{L}$, $\frac{1}{l}$, $\frac{1}{\lambda}$ ejusdem Latera transversa respective: erit $R+mr-mR+n\varrho-nR$ verum Latus rectum, & $\frac{1}{L+ml-mL+n\lambda-nL}$ verum Latus transversum Trajectoriæ quam Cometa describit. Dato autem Latere transverso datur etiam tempus periodicum Cometæ. *Q.E.I.*

Cæterum Cometarum revolventium tempora periodica, & Orbium latera transversa, haud satis accurate determinabuntur, nisi per collationem Cometarum inter se, qui diversis temporibus apparent. Si plures Cometæ, post æqualia temporum intervalla, eundem Orbem descripsisse reperiantur, concludendum erit hos omnes esse unum & eundem Cometam, in eodem Orbe revolventem. Et tum demum ex revolutionum temporibus, dabuntur Orbium latera transversa, & ex his lateribus determinabuntur Orbes Elliptici.

In

In hunc finem computandæ ſunt igitur Cometarum plurium Trajectoriæ, ex hypotheſi quod ſint Parabolicæ. Nam hujuſmodi Trajectoriæ cum Phænomenis ſemper congruent quamproxime. Id liquet, non tantum ex Trajectoria Parabolica Cometæ anni 1680, quam cum obſervationibus ſupra contuli, ſed etiam ex ea Cometæ illius inſignis, qui annis 1664 & 1665 apparuit, & ab *Hevelio* obſervatus fuit. Is ex obſervationibus ſuis longitudines & latitudines hujus Cometæ computavit, ſed minus accurate. Ex iiſdem obſervationibus, *Halleius* noſter loca Cometæ hujus denuo computavit, & tum demum ex locis ſic inventis Trajectoriam Cometæ determinavit. Invenit autem ejus Nodum aſcendentem in ♊ $21^{gr.}\ 13'.\ 55''$, Inclinationem Orbitæ ad planum Eclipticæ $21^{gr.}\ 18'.\ 40''$, diſtantiam Perihelii a Nodo in Orbita $49^{gr.}\ 27'.\ 30''$. Perihelium in ♌ $8^{gr.}\ 40'.\ 30''$ cum Latitudine auſtrina heliocentrica $16^{gr.}\ 1'.\ 45''$. Cometam in Perihelio *Novemb.* $24^{d}.\ 11^{h}.\ 52'$. P. M. tempore æquato *Londini*, vel $13^{h}.\ 8'$ *Gedani*, ſtylo veteri, & Latus rectum Parabolæ 410286, exiſtente mediocri Terræ a Sole diſtantia 100000. Quam probe loca Cometæ in hoc Orbe computata, congruunt cum obſervationibus, patebit ex Tabula ſequente ab *Halleio* ſupputata.

Temp. Appar. *Gedani*	Obſervata Cometæ diſtantia		Loca obſervata	Loca computata in Orbe
		gr. ′ ″	gr. ′ ″	gr. ′ ″
Decemb. $3^d.\ 18^h.\ 29'\frac{1}{2}$	a Corde Leonis a Spica Virginis	46 · 24 · 20 22 · 52 · 10	Long. ♎ 7. 1. 0 Lat. auſt. 21 · 39. 0	♎ 7 · 1 · 29 21 · 38 · 50
$4 \cdot 18 .\ 1\frac{1}{2}$	a Corde Leonis a Spica Virginis	46 · 2 · 45 23 · 52 · 40	Long. ♎ 6.15. 0 Lat. a. 22.24. 0	♎ 6 · 16 · 5 22 · 24 · 0
7 · 17 · 48	a Corde Leonis a Spica Virginis	44 · 48 · 0 27 · 56 · 40	Long. ♎ 3. 6. 0 Lat. a. 25.22. 0	♎ 3 · 7 · 33 25 · 21 · 40
17 · 14 · 43	a Corde Leonis ab Humero Orionis dext.	53 · 15 · 15 45 · 43 · 30	Long. ♌ 2.56. 0 Lat. a. 49 · 25. 0	♌ 2 · 56 · 0 49 · 25 · 0
19 · 9 · 25	a Procyone a Lucid. Mandib. Ceti	35 · 13 · 50 52 · 56 · 0	Long. ♊ 28.40.30 Lat. a. 45 · 48. 0	♊ 28 · 43 · 0 45 · 46 · 0
$20 \cdot 9 \cdot 53\frac{1}{2}$	a Procyone a Lucid. Mandib. Ceti	40 · 49 · 0 40 · 4 · 0	Long. ♊ 13 · 3. 0 Lat. a. 39 · 54. 0	♊ 13 · 5 · 0 39 · 53 · 0
$21 \cdot 9 \cdot 9\frac{1}{2}$	ab Hum. dext. Orionis a Lucid. Mandib. Ceti	26 · 21 · 25 29 · 28 · 0	Long. ♊ 2.16. 0 Lat. a. 33 · 41. 0	♊ 2 · 18 · 30 33 · 39 · 40
22 · 9 · 0	ab Hum. dext. Orionis a Lucid. Mandib. Ceti	29 · 47 · 0 20 · 29 · 30	Long. ♉ 24.24. 0 Lat. a. 27.45. 0	♉ 24 · 27 · 0 27 · 46 · 0
26 · 7 · 58	a Lucida Arietis ab Aldebaran	23 · 20 · 0 26 · 44 · 0	Long. ♉ 9. 0. 0 Lat. a. 12.36. 0	♉ 9 · 2 · 28 12 · 34 · 13

Temp.

Temp. Appar. *Gedani*	Observata Cometæ distantia		Loca observata	Loca computata in Orbe.
d. h. ′		gr. ′ ″	gr. ′ ″	gr. ′ ″
27 . 6 . 45	a Lucida Arietis ab Aldebaran	20 . 45 . 0 28 . 10 . 0	Long. ♉ 7 . 5 . 40 Lat. a. 10 . 23 . 0	♉ 7 . 8 . 54 10 . 23 . 13
28 . 7 . 39	a Lucida Arietis a Palilicio	18 . 29 . 0 29 . 37 . 0	Long. ♉ 5 . 24 . 45 Lat. a. 8 . 22 . 50	♉ 5 . 27 . 52 8 . 23 . 37
31 . 6 . 45	a Cing. Androm. a Palilicio	30 . 48 . 10 32 . 53 . 30	Long. ♉ 2 . 7 . 40 Lat. a. 4 . 13 . 0	♉ 2 . 8 . 20 4 . 16 . 25
Jan. 7 . 7 . 37½	a Cing. Androm. a Palilicio	25 . 11 . 0 37 . 12 . 25	Long. ♈ 28 . 24 . 47 Lat. bor. 0 . 54 . 0	♈ 28 . 24 . 0 0 . 53 . 0
24 . 7 . 29	a Palilicio a Cing. Androm.	40 . 5 . 0 20 . 32 . 15	Long. ♈ 26 . 29 . 15 Lat. bor. 5 . 25 . 50	♈ 26 . 28 . 50 5 . 26 . 0
Mar. 1 . 8 . 6	Cometa ab *Hookio* prope secundam Arietis observabatur, *Mar.* 1^d. 7^h. 0′ *Londini*, cum		Long. ♈ 29 . 17 . 20 Lat. bor. 8 . 37 . 10	♈ 29 . 18 . 20 8 . 36 . 12

Apparuit hic Cometa per menses tres, signaque fere sex descripsit, & uno die gradus fere viginti confecit. Cursus ejus a circulo maximo plurimum deflexit, in boream incurvatus; & motus ejus sub finem ex retrogrado factus est directus. Et non obstante cursu tam insolito, Theoria a principio ad finem cum observationibus non minus accurate congruit, quam Theoriæ Planetarum cum eorum observationibus congruere solent, ut inspicienti Tabulam patebit. Subducenda tamen sunt minuta duo prima circiter, ubi Cometa velocissimus fuit; id quod fiet auferendo duodecim minuta prima ab angulo inter Nodum ascendentem & Perihelium, seu constituendo angulum illum $49^{gr.} 27'. 18''$. Cometæ utriusque (& hujus & superioris) parallaxis annua insignis fuit, & inde demonstratur motus annuus Terræ in Orbe magno.

Confirmatur etiam Theoria per motum Cometæ qui apparuit anno 1683. Hic fuit retrogradus in Orbe cujus planum cum plano Eclipticæ angulum fere rectum continebat. Hujus Nodus ascendens (computante *Halleio*) erat in ♍ $23^{gr}\ 23'$; Inclinatio Orbitæ ad Eclipticam $83^{gr.}\ 11'$; Perihelium in ♊ $25^{gr.}\ 29'.\ 30''$; Distantia perihelia a Sole 56020, existente radio Orbis magni 100000, & tempore Perihelii *Julii* $2^d.\ 3^h.\ 50'$. Loca autem Cometæ in hoc Orbe ab *Halleio* computata, & cum locis a *Flamstedio* observatis collata, exhibentur in Tabula sequente.

1683 Temp.

1683 Temp. Æquat.	Locus Solis	Cometæ Long. Comp.	Lat. Bor. Comp.	Cometæ Long. Obs.	Lat. Bor. Obser.	Differ. Long.	Differ. Lat.
d. h. ′	gr. ′ ″	gr. ′ ″	gr. ′ ″	gr. ′ ″	gr. ′ ″	′ ″	′ ″
Jul. 13.12.55	♌ 1. 2.30	♋ 13. 5.42	29.28.13	♋ 13. 6.42	29.28.20	+ 1. 0	+ 0. 7
15.11.15	2.53.12	11.37.48	29.34. 0	11.39.43	29.34.50	+ 1.55	+ 0.50
17.10.20	4.45.45	10. 7. 6	29.33.30	10. 8.40	29.34. 0	+ 1.34	+ 0.30
23.13.40	10.38.21	5.10.27	28.51.42	5.11.30	28.50.28	+ 1. 3	− 1.14
25.14. 5	12.35.28	3.27.53	24.24.47	3.27. 0	28.23.40	− 0.53	− 1. 7
31. 9.42	18. 9.22	♊ 27.55. 3	26.22.52	♊ 27.54.24	26.22.25	− 0.39	− 0.27
31.14.55	18.21.53	27.41. 7	26.16.57	27.41. 8	26.14.50	+ 0. 1	− 2. 7
Aug. 2.14.56	20.17.16	25.29.32	25.16.19	25.28.46	25.17.28	− 0.46	+ 1. 9
4.10.49	22. 2.50	23.18.20	24.10.49	23.16.55	24.12.19	− 1.25	+ 1.30
6.10. 9	23.56.45	20.42.23	22.47. 5	20.40.32	22.49. 5	− 1.51	+ 2. 0
9.10.26	26.50.52	16. 7.57	20. 6.37	16. 5.55	20. 6.10	− 2. 2	− 0.27
15.14. 1	♍ 2.47.13	3.30.48	11.37.33	3.26.18	11.32. 1	− 4.30	− 5.32
16.15.10	3.48. 2	0.43. 7	9.34.16	0.41.55	9.34.13	− 1.12	− 0. 3
18.15.44	5.45.33	♉ 24.52.53	5.11.15 Austr.	♉ 24.49. 5	5. 9.11 Austr.	− 3.48	− 2. 4
22.14.44	9.35.49	11. 7.14	5.16.53	11. 7.12	5.16.50	− 0. 2	− 0. 3
23.15.52	10.36.48	7. 2.18	8.17. 9	7. 1.17	8.16.41	− 1. 1	− 0.28
26.16. 2	13.31.10	♈ 24.45.31	16.38. 0	♈ 24.44. 0	16.38.20	− 1.31	+ 0.20

Confirmatur etiam Theoria per motum Cometæ retrogradi qui apparuit anno 1682. Hujus Nodus aſcendens (computante *Hallcio*) erat in ♉ 21gr. 16′. 30″. Inclinatio Orbitæ ad planum Eclipticæ 17gr. 56′. 0″. Perihelium in ♒ 2gr. 52′. 50″. Diſtantia perihelia a Sole 58328. Et tempus æquatum Perihelii *Sept*. 4d. 7h. 39′. Loca vero ex obſervationibus *Flamſtedii* computata, & cum locis per Theoriam computatis collata, exhibentur in Tabula ſequente.

1682 Temp. Appar	Locus Solis	Cometæ Long. Comp.	Lat. Bor. Comp.	Cometæ Long. Obs.	Lat. Bor Obſerv.	Differ. Long.	Differ. Lat.
d. h. ′	gr. ′ ″	gr. ′ ″	gr. ′ ″	gr. ′ ″	gr. ′ ″	′ ″	′ ″
Aug. 19.16.38	♍ 7. 0. 7	♌ 18.14.28	25.50. 7	♌ 18.14.40	25.49.55	− 0.12	+ 0.12
20.15.38	7.55.52	24.46.23	26.14 42	24.46.22	26.12.52	+ 0. 1	+ 1.50
21. 8.21	8.36.14	29.37.15	26.20. 3	29.38. 2	26.17.37	− 0.47	+ 2.26
22. 8. 8	9.33.55	♍ 6.29.53	26. 8.42	♍ 6.30. 3	26. 7.12	− 0.10	+ 1.30
29. 8.20	16.22.40	♎ 12.37 54	18.37.47	♎ 12.37.49	18.34. 5	+ 0. 5	+ 3.42
30. 7.45	17.19.41	15.36. 1	17.26.43	15.35.18	17.27.17	+ 0.43	− 0.34
Sept. 1. 7.33	19.16. 9	20.30.53	15.13. 0	20.27. 4	15. 9.49	+ 3.49	+ 3.11
4. 7.22	22.11.28	25.42. 0	12.23.48	25.40.58	12.22. 0	+ 1. 2	+ 1.48
5. 7.32	23.10.29	27. 0.46	11.33. 8	26.59.24	11 33.51	+ 1.22	− 0.43
8. 7.16	26. 5.58	29.58.44	9.26 46	29.58.45	9.26.43	− 0. 1	+ 0. 3
9. 7.26	27. 5. 9	♏ 0.44.10	8.49.10	♏ 0.44. 4	8.48.25	+ 0. 6	+ 0.45

His exemplis abunde ſatis manifeſtum eſt, quod motus Cometarum per Theoriam a nobis expoſitam non minus accurate exhibentur,

hibentur, quam solent motus Planetarum per eorum Theorias. Et propterea Orbes Cometarum per hanc Theoriam enumerari possunt, & tempus periodicum Cometæ in quolibet Orbe revolventis tandem sciri, & tum demum Orbium Ellipticorum latera transversa & Apheliorum altitudines innotescent.

Cometa retrogradus qui apparuit anno 1607, descripsit Orbem cujus Nodus ascendens (computante *Halleio*) erat in ♉ $20^{gr.}\ 21'$. Inclinatio plani Orbis ad planum Eclipticæ erat $17^{gr.}\ 2'$. Perihelium erat in ♒ $2^{gr.}\ 16'$, & distantia perihelia a Sole erat 58680, existente radio Orbis magni 100000. Et Cometa erat in Perihelio *Octob.* $16^{d}.\ 3^{h}.\ 50'$. Congruit hic Orbis quamproxime cum Orbe Cometæ qui apparuit anno 1682. Si Cometæ hi duo fuerint unus & idem, revolvetur hic Cometa spatio annorum 75, & axis major Orbis ejus erit ad axem majorem Orbis magni, ut $\sqrt{c}: 75 \times 75$ ad 1, seu 1778 ad 100 circiter. Et distantia aphelia Cometæ hujus a Sole, erit ad distantiam mediocrem Terræ a Sole, ut 35 ad 1 circiter. Quibus cognitis, haud difficile fuerit Orbem Ellipticum Cometæ hujus determinare. Atque hæc ita se habebunt si Cometa, spatio annorum septuaginta quinque, in hoc Orbe posthac redierit. Cometæ reliqui majori tempore revolvi videntur & altius ascendere.

Cæterum Cometæ, ob magnum eorum numerum, & magnam Apheliorum a Sole distantiam, & longam moram in Apheliis, per gravitates in se mutuo nonnihil turbari debent, & eorum eccentricitates & revolutionum tempora nunc augeri aliquantulum, nunc diminui. Proinde non est expectandum ut Cometa idem, in eodem Orbe & iisdem temporibus periodicis, accurate redeat. Sufficit si mutationes non majores obvenerint, quam quæ a causis prædictis oriantur.

Et hinc ratio redditur cur Cometæ non comprehendantur Zodiaco (more Planetarum) sed inde migrent & motibus variis in omnes cœlorum regiones ferantur. Scilicet eo fine, ut in Apheliis suis ubi tardissime moventur, quam longissime distent ab invicem & se mutuo quam minime trahant. Qua de causa Cometæ qui altius descendunt, adeoque tardissime moventur in Apheliis, debent altius ascendere.

Cometa qui anno 1680 apparuit, minus distabat a Sole in Perihelio suo quam parte sexta diametri Solis; & propter summam velocitatem in vicinia illa, & densitatem aliquam Atmosphæræ Solis, resistentiam nonnullam sentire debuit, & aliquantulum retardari,

dari & propius ad Solem accedere: & singulis revolutionibus accedendo ad Solem, incidet is tandem in corpus Solis. Sed & in Aphelio ubi tardissime movetur, aliquando per attractionem aliorum Cometarum retardari potest & subinde in Solem incidere. Sic etiam Stellæ fixæ quæ paulatim expirant in lucem & vapores, Cometis in ipsas incidentibus refici possunt, & novo alimento accensæ pro Stellis Novis haberi. Vapores autem qui ex Sole & Stellis fixis & caudis Cometarum oriuntur, incidere possunt per gravitatem suam in Atmosphæras Planetarum, & ibi condensari & converti in aquam & spiritus humidos, & subinde per lentum calorem in sales, & sulphura, & tincturas, & limum, & lutum, & argillam, & arenam, & lapides, & coralla, & substantias alias terrestres paulatim migrare. Decrescente autem corpore Solis motus medii Planetarum circum Solem paulatim tardescent, & crescente Terra motus medius Lunæ circum Terram paulatim augebitur. Et collatis quidem observationibus Eclipsium *Babylonicis* cum iis *Albategnii* & cum hodiernis, *Halleius* noster motum medium Lunæ cum motu diurno Terræ collatum, paulatim accelerari, primus omnium quod sciam deprehendit.

SCHOLIUM GENERALE.

Hypothesis Vorticum multis premitur difficultatibus. Ut Planeta unusquisque radio ad Solem ducto areas describat tempori proportionales, tempora periodica partium Vorticis deberent esse in duplicata ratione distantiarum a Sole. Ut periodica Planetarum tempora sint in proportione sesquiplicata distantiarum a Sole, tempora periodica partium Vorticis deberent esse in eadem distantiarum proportione. Ut Vortices minores circum Saturnum, Jovem & alios Planetas gyrati conserventur & tranquille natent in Vortice Solis, tempora periodica partium Vorticis Solaris deberent esse æqualia. Revolutiones Solis & Planetarum circum axes suos ab omnibus hisce proportionibus discrepant. Motus Cometarum sunt summe regulares, & easdem leges cum Planetarum motibus observant, & per Vortices explicari nequeunt. Feruntur Cometæ motibus valde eccentricis in omnes cælorum partes, quod fieri non potest nisi Vortices tollantur.

Projectilia, in aere nostro, solam aeris resistentiam sentiunt. Sublato aere, ut fit in Vacuo *Boyliano*, resistentia cessat, siquidem pluma tenuis & aurum solidum æquali cum velocitate in hoc

Vacuo cadunt. Et par eſt ratio ſpatiorum cæleſtium quæ ſunt ſupra atmoſphæram Terræ. Corpora omnia in iſtis ſpatiis liberrime moveri debent; & propterea Planetæ & Cometæ in orbibus ſpecie & poſitione datis, ſecundum leges ſupra expoſitas, perpetuo revolvi. Perſeverabunt quidem in orbibus ſuis per leges gravitatis, ſed regularem orbium ſitum primitus acquirere per leges haſce minime potuerunt.

Planetæ ſex principales revolvuntur circum Solem in circulis Soli concentricis, eadem motus directione, in eodem plano quamproxime. Lunæ decem revolvuntur circum Terram, Jovem & Saturnum in circulis concentricis, eadem motus directione, in planis orbium Planetarum quamproxime. Et hi omnes motus regulares originem non habent ex cauſis Mechanicis; ſiquidem Cometæ in Orbibus valde eccentricis, & in omnes cælorum partes libere feruntur. Quo motus genere Cometæ per Orbes Planetarum celerrime & facillime tranſeunt, & in Apheliis ſuis ubi tardiores ſunt & diutius morantur, quam longiſſime diſtant ab invicem, & ſe mutuo quam minime trahunt. Elegantiſſima hæcce Solis, Planetarum & Cometarum compages non niſi conſilio & dominio Entis intelligentis & potentis oriri potuit. Et ſi Stellæ fixæ ſint centra ſimilium ſyſtematum; hæc omnia ſimili conſilio conſtructa, ſuberunt *Unius* dominio: præſertim cum lux Fixarum ſit ejuſdem naturæ ac lux Solis, & ſyſtemata omnia lucem in omnia invicem immittant.

Hic omnia regit, non ut Anima mundi, ſed ut univerſorum Dominus; & propter dominium ſuum Dominus Deus * παντοκράτωρ dici ſolet. Nam *Deus* eſt vox relativa & ad ſervos refertur: & *Deitas* eſt dominatio Dei non in corpus proprium, ſed in ſervos. *Deus ſummus* eſt Ens æternum, infinitum, abſolute perfectum; ſed Ens utcunque perfectum ſine dominio, non eſt *Dominus Deus*. Dicimus enim *Deus meus*, *Deus veſter*, *Deus Iſraelis*: ſed non dicimus *Æternus meus*, *Æternus veſter*, *Æternus Iſraelis*; non dicimus *Infinitus meus*, *Infinitus veſter*, *Infinitus Iſraelis*; non dicimus *Perfectus meus*, *Perfectus veſter*, *Perfectus Iſraelis*. Hæ appellationes relationem non habent ad ſervos. Vox *Deus* paſſim ſignificat *Dominum*, ſed omnis Dominus non eſt Deus. Dominatio Entis ſpiritualis *Deum* conſtituit, vera verum, ſumma ſummum, ficta fictum. Et ex dominatione vera ſequitur, Deum verum eſſe vivum, intelligentem & potentem; ex reliquis perfectionibus ſummum eſſe vel ſumme perfectum.

* Id eſt, *Imperator univerſalis.*

fectum. *Æternus* est & *Infinitus*, *Omnipotens* & *Omniſciens*, id est, durat ab æterno in æternum & adest ab infinito in infinitum, omnia regit & omnia cognoſcit quæ fiunt aut ſciri poſſunt. Non est æternitas vel infinitas, ſed æternus & infinitus; non est duratio vel ſpatium, ſed durat & adest. Durat ſemper & adest ubique, & exiſtendo ſemper & ubique durationem & ſpatium, æternitatem & infinitatem conſtituit. Cum unaquæque ſpatii particula ſit *ſemper*, & unumquodque durationis indiviſibile momentum *ubique*; certe rerum omnium Fabricator ac Dominus non erit *nunquam nuſquam*. Omnipræſens est non per *virtutem* ſolam, ſed etiam per *ſubſtantiam*: nam virtus ſine ſubſtantia ſubſiſtere non poteſt. In ipſo * continentur & moventur univerſa, ſed abſque mutua *paſſione*. Deus nihil patitur ex corporum motibus: illa nullam ſentiunt reſiſtentiam ex omnipræſentia Dei. Deum ſummum neceſſario exiſtere in confeſſo eſt: Et eadem neceſſitate *ſemper* eſt & *ubique*. Unde etiam totus eſt ſui ſimilis, totus oculus, totus auris, totus cerebrum, totus brachium, totus vis ſentiendi, intelligendi & agendi; ſed more minime humano, more minime corporeo, more nobis prorſus incognito. Ut cæcus ideam non habet colorum, ſic nos ideam non habemus modorum quibus Deus ſapientiſſimus ſentit & intelligit omnia. Corpore omni & figura corporea prorſus deſtituitur, ideoque videri non poteſt, nec audiri, nec tangi, nec ſub ſpecie rei alicujus corporei coli debet. Ideas habemus attributorum ejus, ſed quid ſit rei alicujus Subſtantia minime cognoſcimus. Videmus tantum corporum figuras & colores, audimus tantum ſonos, tangimus tantum ſuperficies externas, olfacimus odores ſolos, & guſtamus ſapores; Intimas ſubſtantias nullo ſenſu, nulla actione reflexa cognoſcimus, & multo minus ideam habemus ſubſtantiæ Dei. Hunc cognoſcimus ſolummodo per proprietates ſuas & attributa, & per ſapientiſſimas & optimas rerum ſtructuras, & cauſas finales; veneramur autem & colimus ob dominium. Deus enim ſine dominio, providentia, & cauſis finalibus, nihil aliud eſt quam Fatum & Natura. Et hæc de Deo; de quo utique ex Phænomenis diſſerere, ad *Philoſophiam Experimentalem* pertinet.

* Ita ſentiebant veteres, *Aratus* in Phænom: ſub initio. *Paulus* in Act. 7. 27, 28. *Moſes* Deut. 4. 39 & 10. 14. *David* Pſal. 139. 7, 8. *Solomon* Reg. 8. 27. *Job.* 22. 12. *Jeremias* Propheta 23. 23, 24.

Hactenus Phænomena cælorum & maris noſtri per Vim gravitatis expoſui, ſed cauſam Gravitatis nondum aſſignavi. Oritur utique hæc Vis a cauſa aliqua quæ penetrat ad uſque centra Solis

De Mundi Systemate & Planetarum, ſine virtutis diminutione; quæque agit non pro quantitate *ſuperficierum* particularum in quas agit (ut ſolent cauſæ Mechanicæ,) ſed pro quantitate materiæ *ſolidæ*; & cujus actio in immenſas diſtantias undique extenditur, decreſcendo ſemper in duplicata ratione diſtantiarum. Gravitas in Solem componitur ex gravitatibus in ſingulas Solis particulas, & recedendo a Sole decreſcit accurate in duplicata ratione diſtantiarum ad uſque orbem Saturni, ut ex quiete Apheliorum Planetarum manifeſtum eſt, & ad uſque ultima Cometarum Aphelia, ſi modo Aphelia illa quieſcant. Rationem vero harum Gravitatis proprietatum ex Phænomenis nondum potui deducere, & Hypotheſes non fingo. Quicquid enim ex Phænomenis non deducitur, *Hypotheſis* vocanda eſt; & Hypotheſes ſeu Metaphyſicæ, ſeu Phyſicæ, ſeu Qualitatum occultarum, ſeu Mechanicæ, in *Philoſophia Experimentali* locum non habent. In hac Philoſophia Propoſitiones deducuntur ex Phænomenis, & redduntur generales per Inductionem. Sic impenetrabilitas, mobilitas, & impetus corporum & leges motuum & gravitatis innotuerunt. Et ſatis eſt quod Gravitas revera exiſtat, & agat ſecundum leges a nobis expoſitas, & ad corporum cæleſtium & maris noſtri motus omnes ſufficiat.

Adjicere jam liceret nonnulla de Spiritu quodam ſubtiliſſimo corpora craſſa pervadente, & in iiſdem latente; cujus vi & actionibus particulæ corporum ad minimas diſtantias ſe mutuo attrahunt, & contiguæ factæ cohærent; & corpora Electrica agunt ad diſtantias majores, tam repellendo quam attrahendo corpuſcula vicina; & Lux emittitur, reflectitur, refringitur, inflectitur, & corpora calefacit; & Senſatio omnis excitatur, & membra Animalium ad voluntatem moventur, vibrationibus ſcilicet hujus Spiritus per ſolida nervorum capillamenta ab externis ſenſuum organis ad cerebrum & a cerebro in muſculos propagatis. Sed hæc paucis exponi non poſſunt; neque adeſt ſufficiens copia Experimentorum, quibus leges actionum hujus Spiritus accurate determinari & monſtrari debent.

F I N I S.

Pag. 478, *lin.* 25, *lege:* duodecim minuta ſecunda.

INDEX RERUM
ALPHABETICUS.

N. B. *Citationes factæ sunt ad normam sequentis Exempli.* III, 10: 444, 20: 471, 28 *designant Libri tertii Propositionem decimam: Paginæ 444^tæ lineam 20^am: Paginæ 471^mæ lineam 28^am.*

Come-

P. Para-

P.

Q.

R.

Veloci-

FINIS.

CORRIGENDA.

PAG. 3, *lin.* 14 *lege*, Quo minor erit ejus gravitas pro quantitate materiæ vel major &c. *P.* 7, *l.* 8 *lege*, ut ex veriore tempore mensurent motus &c. *P.* 15, *l.* 16 *lege*, lineam pH in plana, &c. *P.* 17, *l.* 20 *lege*, centri corporis tertii &c. *P.* 41, *l.* 3 *lege*, sunt reciproce ut velocitates corporis in punctis P & Q; &c. *P.* 44, *l.* 23 *lege*, rectangulo $QR \times \overline{RN + QN}$ &c. *P.* 47. *l. penult. lege*, in Abscissa positum tendentes a binis quibusvis figurarum locis, ad quæ terminantur Ordinatæ correspondentibus Abscissarum punctis insistentes, augentur vel &c. *P.* 54, *l.* 4 *lege*, ut area $QT \times SP$, quæ dato tempore describitur, ducta in &c. *P.* 57, *l.* 25 *lege*, Nimirum si ea sit corporis &c. *P.* 61, *l.* 12 *lege*, ita ut sit GA ad AS & Ga ad aS ut est KB ad BS, & axe &c. *l.* 15 *lege*, & cum sit GA ad AS ut Ga ad aS, erit divisim $Ga - GA$ seu Aa ad $aS - AS$ seu SH in eadem &c. *P.* 87, *l.* 7 *lege*, per Probl. XIV. &c. *P.* 89 & *P.* 90 *in figura jungatur FD.* *P.* 92 *in figura jungantur FG & HI.* *P.* 136, *l.* 2 *lege*, perimetrum BP &c, *P.* 166, *l.* 8 *lege*, motus uterque erit ut tempus periodicum corporis &c. *P.* 233, *l. ult. lege*, $+ 2QRo^3 +$ &c. *P.* 244; *l.* 22 *lege*, $\frac{2nn - 2n}{n - 2} VG$. *P.* 317, *l. penult. lege*, velocitatem illam maximam H, &c. *P.* 367, *l.* 14 *lege*, eccentricitas foret &c. *P.* 379, *l.* 13 & 23 *lege*, vim centrifugam corporum &c. *P.* 415, *l.* 11 *lege*, Hæc est æquatio semestris motus Nodorum. *P.* 415, *l.* 15 *lege*, alteri semestri, alteri autem menstruæ; &c.

